

"UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



ELABORACION DE TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PROPUESTA DE SUMINISTRO ELECTRICO
MEDIANTE SISTEMA FOTOVOLTAICO A LAS
LOCALIDADES DE LEJIA Y MALAGA DISTRITO
SOLOCO CHACHAPOYAS AMAZONAS

AUTOR: BR. DANIEL ERNESTO VEGA CERVERA
ASESOR: ING. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO

LAMBAYEQUE – JULIO DEL 2018

“UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



ELABORACION DE TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
AUTOR: Br. DANIEL ERNESTO VEGA CERVERA

PRESIDENTE: _____

SECRETARIO: _____

VOCAL: _____

ASESOR: **ING. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO**

LAMBAYEQUE – JULIO DEL 2018

“UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



TITULO
PROPUESTA DE SUMINISTRO ELECTRICO MEDIANTE SISTEMA FOTOVOLTAICO A LAS LOCALIDADES DE LEJIA Y MALAGA DISTRITO SOLOCO CHACHAPOYAS AMAZONAS
CAPÍTULO I : PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN
CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS
CAPÍTULO V : ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD Y FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
ANEXOS
PLANOS

ELABORACION DE TESIS

PRESIDENTE: _____

SECRETARIO: _____

VOCAL: _____

ASESOR: **ING. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO**

LAMBAYEQUE – JULIO DEL 2018

DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo a mis padres, hermanos, aquellos que creyeron que lograría mis metas propuestas hasta el momento.

AGRADECIMIENTOS

Solo agradecer por las confianzas apostadas por mí desde el principio; a los docentes que me brindaron una parte de conocimientos.

RESUMEN

El tratado de KIOTO, y la tendencia mundial, en nuestro país y principalmente en la región Amazonas, nace la necesidad de utilizar las nuevas tecnologías de hoy en día para poder desarrollar proyectos que contribuyan con la reducción de la contaminación ambiental. Viendo tal problemática se dimensiono y selecciono por medio de paneles fotovoltaicos el suministro eléctrico para las localidades de Lejía, Málaga, Distrito de Soloco, Provincia de Chachapoyas, Departamento de Amazonas.

El sistema solar se seleccionó y dimensionó, analizando la máxima demanda teniendo en cuenta una demanda promedio alta dejando a cada poblador la elección de asumir toda la carga o parte de ella y el nivel de radiación solar existente en la zona, luego se uso los cálculos adecuados para los equipos correspondientes a cada vivienda, las cuales son: Módulos fotovoltaicos, reguladores, baterías, inversores, conductores y accesorios

Finalmente como resultados del desarrollo de la tesis se determinó que la central generó 1.09 Kw por lote y desde este punto se seleccionaron los equipos adecuados para cada lote, y de tal modo se brindaría un buen servicio eléctrico.

Palabras clave: Radiación Solar, Generación Solar, módulo fotovoltaico, baterías, controlador, inversor.

ABSTRACT

The KIOTO treaty, and the world trend, in our country and mainly in the Amazon region, arises the need to use the new technologies of today to develop projects that contribute to the reduction of environmental pollution. Seeing this problem, the electricity supply for the localities of Lejía, Málaga, Soloco District, Chachapoyas Province, Department of Amazonas was dimensioned and selected through photovoltaic panels.

The solar system was selected and dimensioned, analyzing the maximum demand taking into account a high average demand leaving each villager the choice to assume all the load or part of it and the level of solar radiation in the area, then the calculations were used Suitable for the equipment corresponding to each home, which are: Photovoltaic modules, regulators, batteries, inverters, conductors and accessories

Finally, as results of the development of the thesis, it was determined that the plant generated 1.09 Kw per batch and from this point the appropriate equipment was selected for each batch, and in this way a good electrical service would be provided.

Keywords: Solar Radiation, Solar Generation, photovoltaic module, batteries, controller, inverter.

INDICE

CAPITULO I	15
1.1. Planteamiento del Problema	15
1.1.1. Situación Problemática	15
1.2. DELIMITACION DE LA INVESTIGACION	16
1.2.1. DELIMITACION ESPACIAL	16
1.2.2. DELIMITACION TEMPORAL	16
1.2.3. DELIMITACION SOCIO ECONOMICA	16
1.2.4. DELIMITACION GEOGRAFICA	17
1.3. REALIDAD PROBLEMÁTICA	17
1.4. PROBLEMA	17
1.5. HIPOTESIS	17
1.6. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA	18
1.6.1. Energías no Renovables	18
1.6.2. Energías Renovables	18
1.6.3. Importancia	19
1.7. OBJETIVOS	20
1.7.1. Objetivo general	20
1.7.2. Objetivo específico	20
1.8. ANTECEDENTES	20
1.9. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION	20
1.9.1. Energías no Renovables	20
1.9.2. Energías Renovables	21
1.9.3. Energías Convencionales	21
1.9.4. Energías no Convencionales	21
1.10. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION	22
CAPITULO II	23
2.1. MARCO TEÓRICO	23
2.1.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS	23
2.2. TEMÁTICA CORRESPONDIENTE AL TEMA INVESTIGADO	24
2.2.1. Energía solar para la generación de electricidad	24
2.2.2. Primero en el espacio	24
2.2.3. Energía solar fotovoltaica	25
2.2.4. Tipos de sistemas fotovoltaicos	25
2.2.5. Ventajas e inconvenientes de la energía solar fotovoltaica	29

2.2.6.	Células y módulos fotovoltaicos.....	29
2.2.7.	Inversor CC/CA	36
2.2.8.	Tipos de Inversores Comerciales	37
2.2.9.	Estructuras soporte para módulos fotovoltaicos.....	39
2.3.	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA TERMINOLOGÍA EMPLEADA	43
2.3.1.	Conceptos básicos de radiación.....	43
2.3.2.	Irradiancia.....	43
2.3.3.	Irradiación	44
2.3.4.	Radiación directa.....	44
2.3.5.	Radiación difusa.....	44
2.3.6.	Radiación incidente	44
2.3.7.	Descripción de un sistema fotovoltaico autónomo	45
2.3.8.	Latitud	48
2.3.9.	Longitud.....	48
2.3.10.	Tipos de potencias eléctricas	49
2.3.11.	Potencia contratada y potencia demandada.....	51
2.3.12.	Factor de potencia	51
2.3.13.	Tensión y frecuencia	51
2.3.14.	Puesta a tierra de la instalación	51
2.3.15.	Rendimiento.....	52
2.3.16.	Pérdida por efecto joule	52
CAPITULO III	53
3.1.	MARCO METODOLÓGICO	53
3.1.1.	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	53
3.1.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	53
3.1.3.	MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	55
3.1.4.	DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS	55
3.1.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	56
CAPITULO IV	71
4.1.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	71
4.1.1.	Enfoque Cuantitativo.....	71
4.1.2.	Enfoque Cualitativo.	71
4.1.3.	Cálculo de variables de selección y dimensionamiento SFV.....	71
CAPITULO V	84
5.1.	ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD Y FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO ..	84
	84

CAPITULO VI	88
5.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
5.2.1. CONCLUSIONES.....	88
5.2.2. RECOMENDACIONES	88
5.3. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	89

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1	25
Ilustración 2	26
Ilustración 3	27
Ilustración 4	27
Ilustración 5	28
Ilustración 6	30
Ilustración 7	32
Ilustración 8	32
Ilustración 9	33
Ilustración 10	34
Ilustración 11	36
Ilustración 12	38
Ilustración 13	38
Ilustración 14	39
Ilustración 15	39
Ilustración 16	40
Ilustración 17	41
Ilustración 18	41
Ilustración 19	42
Ilustración 20	43
Ilustración 21	44
Ilustración 22	45
Ilustración 23	46
Ilustración 24	47
Ilustración 25	47
Ilustración 26	48
Ilustración 27	48
Ilustración 28	49
Ilustración 29	49
Ilustración 30	50
Ilustración 31	54
Ilustración 32	66
Ilustración 33	66
Ilustración 34	67
Ilustración 35	68
Ilustración 36	68
Ilustración 37	68
Ilustración 38	69
Ilustración 39	69
Ilustración 40	70
Ilustración 41	70

INDICE DE GRAFICOS

GRÁFICO 1	31
GRÁFICO 2	43
GRÁFICO 3	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	56
Tabla 2	57
Tabla 3	58
Tabla 4	59
Tabla 5	59
Tabla 6	60
Tabla 7	60
Tabla 8	60
Tabla 9	61
Tabla 10	61
Tabla 11	61
Tabla 12	62
Tabla 13	62
Tabla 14	63
Tabla 15	63
Tabla 16	63
Tabla 17	64
Tabla 18	64
Tabla 19	64
Tabla 20	64
Tabla 21	65
Tabla 22	65
Tabla 23	67
Tabla 24	70
Tabla 25	71
Tabla 26	72
Tabla 27	73
Tabla 28	74
Tabla 29	75
Tabla 30	76
Tabla 31	81
Tabla 32	82
Tabla 33	83
Tabla 34	84
Tabla 35	84
Tabla 36	84
Tabla 37	85
Tabla 38	85
Tabla 39	85
Tabla 40	86
Tabla 41	87

INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías para desarrollar proyectos de electrificación que contribuyan con la reducción de la contaminación ambiental a través del sistema de paneles fotovoltaicos son hoy en día la solución a problemas en las localidades más alejadas de nuestro país que no cuentan con los servicios básicos de electricidad, en tal sentido es imperativo el dimensionamiento y análisis de la máxima demanda de éste sistema. Para lo cual en el presente estudio se realizó la propuesta de suministro eléctrico a través de sistemas fotovoltaicos en las localidades de Lejía y Málaga, distrito de Soloco, Provincia de Chachapoyas, Región Amazonas. De esta manera se determina los equipos adecuados para cada lote y al mismo tiempo ofrecer un buen servicio eléctrico.

CAPITULO I

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. Situación Problemática

1.1.1.1. *A Nivel Internacional México (Renovables 2013)*

Central solar fotovoltaica SANTA ROSALIA” ubicada en “la planta geotérmica de la comisión federal la cual se encuentra en el volcán de las tres vírgenes, en el Distrito de Mulege, dicha central tiene una potencia instalada de 1 MW, la central eléctrica cuenta con 4 172 paneles fotovoltaicos con seguidores solares.

La problemática hoy en día con respecto a generación de energía eléctrica, se basa en centrales térmicas que son las generadoras de energía eléctrica la cual son las que más contaminan al medio ambiente, emitiendo gases tóxicos.

La central fotovoltaica se conectará posteriormente al sistema interconectado nacional, uno de los problemas en esta central es que su potencia generada no abastecerá en su totalidad a todo el consumo existente, la cual se ha impulsado que más adelante se hagan más proyectos con este tipo de energía renovables por ahora la otra parte de es alimentada con generadoras con centrales térmicas.

1.1.1.2. *España (Correo, 2014)*

La central solar de “ARNEDO” cuenta con una potencia instalada de 30 MW nominal y producirá 44 GW-H al año, dicha central cuenta 172 000 paneles solares, la energía que se producirá en la planta servirá para alimentar el consumo de una población de 12 000 hogares y durante su vida útil que se estima entre 25 y 40 años.

La problemática en esta central es por la gran capacidad de área que ocupa toda la central la cual hablamos de 70 hectáreas, por tal motivo reduce la producción agrícola, también se tiene en cuenta que toda su potencia generada no es suficiente para la alimentación del distrito ARNEDO dicha central solo alimentaria el 62 % de toda la localidad la cual el otro 38 % es alimentado con otro tipo de energía que contaminan al medio ambiente, la finalidad de este proyecto es evitar la emisión de 375 000 toneladas de CO2 a la atmosfera.

1.1.1.3. *A Nivel Nacional (Osinermin,2012)*

La central solar TACNA cuenta con una potencia instalada de 20 MW y producirá 47 196 MW-H al año, dicha central cuenta con 74 988 módulos fotovoltaicos de 290 W pico C/U. Y constan de 16 centros de transformación, la línea de transmisión es de 66 KV alta tensión con una distancia de 5.4 km, está conectada al SEIN.

La problemática con respecto TACNA es la central de generación ocasionado por el bloqueo de los inversores.

Por otro lado generación por dicha central no abastecería en su totalidad a la población de Tacna su potencia instalada es de 35.70 MW la central solar tiene una potencia de 20 MW la cual representa el 56% de la potencia y el otro 46 % es generada por otro tipo de Energía.

1.1.1.4. A Nivel Local

En la actualidad no contamos con ninguna central solar en la Región de Amazonas pero si se está promoviendo la utilización de este tipo de energía renovable solo hay proyecto de paneles solares domésticos mayormente se están instalando en los lugares alejados de las redes eléctricas nuestra Región, cuenta con una alta radiación solar, la cual se puede aprovechar para invertir en este tipo de energía renovable.

1.2. DELIMITACION DE LA INVESTIGACION

1.2.1. DELIMITACION ESPACIAL

Los Caseríos del presente estudio están ubicados geográficamente de la siguiente manera:

- Caseríos : Lejía y Málaga
- Distrito : Soloco
- Provincia : Chachapoyas
- Departamento : Amazonas

Coordenadas UTM (ubicado en la subestación proyectada): 206652E, 9296974 N

Zona: 18

Altitud: 1996 m.s.n.m.

1.2.2. DELIMITACION TEMPORAL.

El estudio a realizar debe ser para un periodo de 25 años, expectativa de vida promedio del sistema fotovoltaico, por lo cual se realizará el estudio de proyección de la población considerando la tasa de natalidad y la de mortalidad, datos proporcionados por el INEI; con esta data se calculará la demanda máxima de cada usuario.

1.2.3. DELIMITACION SOCIO ECONOMICA.

En lo SOCIOECONOMICO la generación de energía eléctrica usando GENERACIÓN fotovoltaica el propósito fundamental, es de iluminar esta comunidad y

brindarle energía eléctrica para realizar trabajos de producción y de esta forma contribuimos a mejorar las condiciones y calidad de vida, acceso a la tecnología de la información, educación, salud y entretenimiento.

1.2.4. DELIMITACION GEOGRAFICA.

La delimitación se centra en las localidades de Lejía y Málaga, distrito de Soloco, Provincia de Chachapoyas y Departamento de Amazonas. Con coordenadas UTM 206652E y 9296974 N, donde se instalara un sistema fotovoltaico productivo, la cual pretende suministrar energía eléctrica eficiente a dichas localidades.

1.3. REALIDAD PROBLEMÁTICA

La realidad problemática es atender la demanda de energía eléctrica para los centros poblados que se ubican en zonas alejadas a las zonas urbano rurales, rurales y urbanas del país, donde la energía eléctrica es un gran problema para que las personas que habitan en dichas zonas alejadas, puedan acceder a los beneficios de calidad de vida, educación, salud, tecnología de la información y entretenimiento.

La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio Peruano. En la gran mayoría de localidades del Perú, la disponibilidad de la energía solar es bastante grande y uniforme durante todo el año, comparado con otros países, lo que hace atractivo su uso. En términos generales, se dispone, en promedio anual, de 4-5 kWh/m²día en la costa y selva y de 5-6 kWh/m²día en la sierra, aumentando de norte a sur. Esto implica que la energía solar incidente en pocos metros cuadrados es, en principio, suficiente para satisfacer las necesidades energéticas de dichas empresas.

1.4. PROBLEMA

El problema que nos planteamos en el presente trabajo de investigación es: ¿es posible suministrar energía eléctrica mediante la energía solar – fotovoltaica para mejorar la calidad de vida de las localidades de Lejía y Málaga, distrito de Soloco, Provincia de Chachapoyas y Departamento de Amazonas?

1.5. HIPOTESIS

La hipótesis que se plantea en este estudio, es que el Sistema de Generación de energía solar – fotovoltaica, suministre energía en forma continua, eficiente y confiable a las localidades de Lejía y Málaga, Distrito de Soloco, Provincia de Chachapoyas y Departamento de Amazonas, usando los indicadores de irradiación solar media, autonomía del sistema, demanda eléctrica, y el equipamiento correspondiente.

1.6. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

En energías renovables el Perú es un país privilegiado, porque posee un enorme potencial en hidroenergía, energía solar, energía eólica, energía geotérmica y energía mareomotriz. En este punto del trabajo al desarrollar el trabajo de investigación justificaremos el uso de la energía solar – fotovoltaica debido a varias razones que se describen a continuación:

1.6.1. Energías no Renovables

En este caso tenemos la energía proveniente de los combustibles, que es costosa y el inconveniente de contaminación ambiental, y por otro lado los sistemas eléctricos convencionales por la gran distancia de su ubicación hacen viable esta alternativa al efectuar un análisis técnico económico.

1.6.2. Energías Renovables

Estas energías se describen y se desarrollan más detallado en el trabajo de investigación. Entre estas energías tenemos las siguientes.

1.6.2.1. *Energías Convencionales*

- **Energía Hidráulica**

Fuente de energía que no es conveniente en la zona debido a que no existe una fuente cercana de causa de agua.

- **Energía Térmica**

No existe materia prima (bagazo, leña, gas natural, etc.) en la zona del proyecto para poder obtener energía a través del calor.

1.6.2.2. *Energías no Convencionales*

- **Energía Eólica**

Es una fuente de energía que no se podría desarrollar en la zona del proyecto, debido a que existen datos de bajo nivel de velocidad de viento, otro factor negativo es que el Centro Poblado se encuentra alrededor de cerros de más de 300m de altura.

- **Energía Mareomotriz**

No es adecuada para nuestro proyecto ya que no existe un océano cercano al proyecto.

- **Energía Geotérmica**

Según el mapa de potencial geotérmico del Perú, Chachapoyas no se encuentra en zona geotérmica.

- **Energía de Biocombustible**

Energía que está en investigación no conveniente en la zona del proyecto ya que no existe materia prima para generar dicha energía.

- **Energía Solar – Fotovoltaica**

Energía que se caracteriza por tener un nivel alto de radiación solar en la zona del proyecto, es la energía con la que se trabajara para poder suministrar energía eléctrica a las localidades de Lejía y Málaga. Según el mapa de ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DEPARTAMENTO DE CHACHAPOYAS RADIACIÓN SOLAR POTENCIAL es de 4.5 a 6.5 kWh/m²

1.6.3. Importancia

Este estudio es de suma importancia ya que se traerá como beneficio: el funcionamiento del C.P. LEJIA Y MALAGA, la mejora de la economía anulando el pago del recibo de energía eléctrica, así como otros aspectos que mencionamos a continuación.

1.6.3.1. *Cuidado del medio ambiente*

Este sistema fotovoltaico, no genera contaminación alguna al medio ambiente.

Por lo tanto es una fuente de energía limpia, la cual no ocasionara contaminación en la zona donde se instalara las nuevas instalaciones, ni en los alrededores de la zona del proyecto (área de influencia directa e indirecta).

1.6.3.2. *Fomentar la innovación de sistemas fotovoltaicos*

Gracias a este estudio también se requiere dar a conocer que existen otras formas no convencionales de obtención de energía eléctrica.

1.6.3.3. *Propio sistema fotovoltaico*

Dicho sistema fotovoltaico será de propiedad del C.P. LEJIA MALAGA, teniendo así a su disposición la generación de energía eléctrica.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo general

El presente estudio tiene por objetivo principal implementar un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a los diferentes equipos propios de una vivienda que incluye bomba de agua.

1.7.2. Objetivo específico

- Obtener los parámetros necesarios para el diseño del sistema fotovoltaico.
- Justificar el uso de energía solar – fotovoltaica en dicha zona.
- Conocer la teoría y usos aplicativos de los sistemas fotovoltaicos.
- Analizar la cantidad de paneles solares a utilizar.
- Conocer los diferentes niveles de radiación.
- Seleccionar el tipo de módulos solares, inversor de calidad y estructura.
- Utilizar software para el diseño óptimo.
- Realizar evaluaciones económicas de los costos del sistema fotovoltaico.

1.8. ANTECEDENTES

El interés en el uso técnico de las energías renovables, especialmente de la energía solar, comenzó en el Perú, como en muchos otros países, en los años setenta del siglo pasado, como consecuencia de la llamada crisis de petróleo. Se trabajó en diferentes instituciones del país (mayormente en universidades) en capacitación y desarrollo tecnológico.

Existe en el Perú una vasta experiencia en la aplicación de proyectos fotovoltaicos, tanto en aplicaciones atomizadas, en el plano internacional se busca también trabajar con nuevas tecnologías como la energía fotovoltaica para zonas aisladas donde la energía es una fuente primordial para el desarrollo y progreso de la población.

1.9. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION

En energías renovables el Perú es un país privilegiado, porque posee un enorme potencial en hidroenergía, energía solar, energía eólica, energía geotérmica y energía mareomotriz. En este punto del trabajo de investigación justicaremos el uso de la energía solar – fotovoltaica debido a varias razones que se describen a continuación:

1.9.1. Energías no Renovables

En este caso tenemos la energía proveniente de los combustibles, existe una experiencia de más de 15 años en la antigua planta chancadora de piedra, es por esto que la nueva planta chancadora no piensa, no pretende utilizar esta energía debido a que genera un elevado costo a largo plazo y una elevada contaminación ambiental a la zonas pobladas cercanas a la zona de instalación de la nueva planta chancadora de

piedra. Se muestra el tablero de control de la antigua fuente de energía, ya no es utilizable en la zona debido a los excesivos gastos que se requiere.

1.9.2. Energías Renovables

Entre estas energías tenemos las siguientes.

1.9.3. Energías Convencionales

1.9.3.1. *Energía Hidráulica*

Fuente de energía que no es conveniente en la zona debido a que no existe una fuente cercana de cause de agua.

1.9.4. Energías no Convencionales

1.9.4.1. *Energía Eólica*

Es una fuente de energía que no se podría desarrollar en la zona del proyecto, debido a que existiendo datos de buen nivel de velocidad de viento, el factor económico no es recomendable.

1.9.4.2. *Energía Mareomotriz*

No es adecuada para nuestro proyecto ya que no existe un océano cercano al proyecto.

1.9.4.3. *Energía de Biocombustible:*

Energía que está en investigación no conveniente en la zona del proyecto ya que no existe materia prima para generar dicha energía.

1.9.4.4. *Energía Solar – Fotovoltaica*

Energía que se caracteriza por tener un nivel alto de radiación solar en la zona del proyecto, como se indica en las tablas de irradiación solar de la NASA; es la energía con la que se trabajara para poder suministrar energía eléctrica al C.P. LEJIA Y MALAGA distrito de Soloco Provincia de concepción departamento de AMAZONAS.

1.9.4.5. *Cuidado del medio ambiente*

Este sistema fotovoltaico, no genera contaminación alguna al medio ambiente. Por lo tanto es una fuente de energía limpia, la cual no ocasionara contaminación en la zona donde se desarrolla el proyecto.

1.9.4.6. *Fomentar la innovación de sistemas fotovoltaicos*

Gracias a este estudio también se requiere dar a conocer que existen otras formas no convencionales de obtención de energía eléctrica.

1.10. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

Las limitaciones para nuestra investigación son la capacidad de área donde se instalaran los módulos fotovoltaicos, se recomienda que el área sea lo más reducido posible ya que es una zona de producción de material de construcción. La irradiación solar es una limitación durante el día en nuestro diseño, se tratara de aprovechar para obtener 8 horas de almacenamiento suficiente para las horas de autonomía del sistema. La irradiación solar ha sido medida por medio de una fuente confiable para un adecuado cálculo matemático. Falta de instrumentos de medición.

CAPITULO II

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS

El interés en el uso técnico de las energías renovables, especialmente de la energía solar, comenzó en el Perú, como en muchos otros países, en los años setenta del siglo pasado, como consecuencia de la llamada crisis de petróleo. Se trabajó en diferentes instituciones del país (mayormente en universidades) en capacitación y desarrollo tecnológico. Existe en el Perú una vasta experiencia en la aplicación de proyectos fotovoltaicos, tanto en aplicaciones atomizadas, en el plano internacional se busca también trabajar con nuevas tecnologías como la energía fotovoltaica para zonas aisladas donde la energía es una fuente primordial para el desarrollo y progreso de la población.

- **Tacna (Solar 20TS – 20MW) y Moquegua (Panamericana Solar 20TS – 20MW)**

Las centrales fotovoltaicas en las regiones Tacna (Tacna Solar 20TS – 20MW) y Moquegua (Panamericana Solar 20TS – 20MW), las cuales tienen una inversión de 500 millones de nuevos soles. Para la construcción de cada una de estas plantas se ha invertido 250 millones de nuevos soles y permitirá que la producción anual de energía aumente considerablemente en la región a la que pertenece. La primera planta está ubicada en la zona de Alto de Alianza, en Tacna. El funcionamiento es posible por intermedio de una concesión otorgada a la empresa Tacna Solar 20 TS S.A.C. La planta cubre una superficie de 121 hectáreas y es capaz de producir 47,196 MWh al año. En tanto, la segunda de ellas está situada en Moquegua, a la altura del kilómetro 1190 de la Panamericana Sur, en la provincia de Mariscal Nieto. La concesión fue entregada a la empresa Panamericana Solar 20 TS S.A.C. La planta cubre una superficie 123 hectáreas y producirá 50,676 MWh anualmente.

- **Atersa se Adjudica la mayor Mini-Grid Fotovoltaica del Chad**

Atersa se Adjudica el suministro, Ingeniería y puesta en marcha de la mayor Mini-Grid Fotovoltaica del Chad. Recientemente Atersa ha firmado un proyecto de suministro, ingeniería y puesto en marcha de una central de Mini-Grid para la nueva escuela de policía de Yamena, capital de Chad, financiado por la Unión Europea. Dicho proyecto de 150 kWp que asciende a más de 0,2 M€, suministrará energía al nuevo complejo de formación de la Policía Nacional de Yamena, que actualmente se encuentra en construcción y, estará compuesto por 500 módulos Atersa modelo ULTRA A-300P, baterías de gran capacidad Tudor e inversores Sunny Island y Sunny Tripower de SMA. La nueva central de Atersa, una vez finalizada, será pionera convirtiéndose en la de mayor capacidad del país.

2.1.1.1. *Energía fotovoltaica durante el tiempo*

- 1921 Premiado con el Nobel por el artículo.
- 1954 Bell Labs produce la primera célula de silicio.
- 60 – 70' s Aplicaciones espaciales y experimentales en tierra.
- 80' s Primeros módulos para generación industrial.
- Primeras plantas generación centralizada (ITA, USA, ESP).
- 90' s Aparición de fábricas industriales (Sharp, BP, etc).
- Primeros programas de incentivo en Japón.
- 2000 Primeros programas de incentivo en Alemania (domo).
- 2004 Revisión EEG en Alemania.
- Aparición RD 436 en España.
- 2005 Primeras aplicaciones comerciales en capa delgada.
- Sobredemanda módulos en mercado.
- 2009 Sobreoferta módulos en mercado.
- 2010 El Perú se posiciona con el primer contrato FV de América.

2.2. TEMÁTICA CORRESPONDIENTE AL TEMA INVESTIGADO

2.2.1. Energía solar para la generación de electricidad

La obtención directa de electricidad a partir de la luz se conoce con el nombre de efecto fotovoltaico. La existencia de este fenómeno fue puesta de manifiesto por el físico Antoine Becquerel en el año 1839. Para conseguirlo, se requiere un material que absorba la luz del Sol y sea capaz de transformar la energía radiante absorbida en energía eléctrica, justo los que son capaces de hacer las células fotovoltaicas.

2.2.2. Primero en el espacio

Las células fotovoltaicas tuvieron su primer gran campo de aplicación en el espacio. Fue a partir del invento de Chapin, Fuller y Pearsons cuando Hans Ziegler (jefe de investigación sobre sistemas de suministro de energía del ejército estadounidense), tras visitar los Bell Laboratories, concluyó que la única aplicación factible era la super-secreta operación denominada "Lunch Box", que no era otra que la construcción y lanzamiento de un satélite artificial.

La ciencia ficción se materializó con el anuncio del presidente Eisenhower, realizado el 30 de julio de 1955, de que América tenía planes para colocar un satélite en el espacio. En la primera página del New York Times apareció un dibujo del satélite alimentado por células solares. Con las células fotovoltaicas en el espacio a finales de los años 60 y principios de los 70, parecía imposible traerlas de vuelta a la Tierra. Hubo alguna excepción: las agencias del Gobierno de los Estados Unidos implicadas en actividades secretas apreciaron inmediatamente su valor. La CIA, por ejemplo, quería saber el volumen de tráfico a través de la ruta Ho Chi Minh durante la guerra del Vietnam. Por ello utilizó fuerzas especiales para instalar detectores camuflados a lo largo de la misma, y estos detectores estaban alimentados por células solares fotovoltaicas.



Células fotovoltaicas en el espacio.

Ilustración 1

2.2.3. Energía solar fotovoltaica

Es aquella energía que se obtiene mediante transformación de la energía que emite el sol en electricidad. La enorme cantidad de energía que se produce en el sol es el resultado de la fusión de núcleos de hidrógeno para formar helio. La mayor parte de esta energía escapa del Sol como radiación electromagnética y es transmitida a través del espacio en forma de ondas. Alrededor del 9% de la radiación solar se encuentra en la región ultravioleta (UV) del espectro electromagnético, 46% en la región visible y 45% en la región infrarroja (IR). La energía solar puede ser transformada de dos maneras en función de la parte del espectro electromagnético que se utilice, obteniéndose así Energía solar térmica o Energía solar fotovoltaica. La radiación solar se distribuye desde infrarrojo hasta ultravioleta.

2.2.4. Tipos de sistemas fotovoltaicos

Se distinguen principalmente dos tipos de instalaciones fotovoltaicas, que partiendo del mismo generador fotovoltaico, sus elementos constitutivos, finalidad de aplicación, características de funcionamiento y dimensionamiento del sistema difieren.

Sistemas fotovoltaicos Autónomos. Los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos (SFA) son un conjunto de elementos interconectados entre sí con el fin de proporcionar energía eléctrica a una determinada carga/s, entendiéndose como cargas los elementos de iluminación, equipos de telecomunicación, frigoríficos, etc.

Sistemas fotovoltaicos Conectados a la Red. Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFCR) son aquellos cuya instalación está motivada por la inyección de energía eléctrica a la red, ya sea con ánimo de venta de la producción eléctrica de nuestro sistema fotovoltaico o como apoyo a la red eléctrica.

2.2.4.1. Sistemas fotovoltaicos autónomos

Los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA) suelen estar constituidos por los siguientes elementos: generador, acumulador y carga. Los SFA son diseñados con el fin de proporcionar la energía eléctrica necesaria a unas cargas y esta es

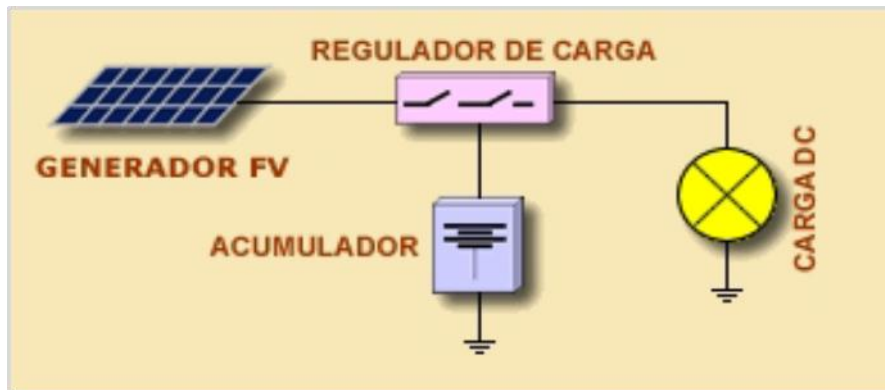
una de las primeras limitaciones que existen en el diseño de SFA, ya que es difícil calcular el consumo energético de cada una de las cargas.

Uno de los métodos seguidos es averiguar el valor de la potencia de cada una de las cargas que compondrán el SFA y multiplicarlo por el número de horas de funcionamiento al día (suponiendo el consumo de energía constante a lo largo del tiempo para cada una de las cargas) aunque este método también da lugar a la incertidumbre ya que es difícil determinar el número de horas que cada carga pueda funcionar y éste número de horas variará según las épocas del año.

En los SFA dado el precio, algo más elevado, del kWh fotovoltaico que el obtenido de la red eléctrica convencional, es necesario una optimización del consumo energético de las cargas, como ejemplo se debe considerar que en ningún SFA deberían utilizarse luminarias incandescentes ya que son más eficiente los tubos fosforescentes que presentan una relación entre lúmenes/vatio consumido más óptima para estos sistemas.

Los poseedores de SFA deben de estar concienciados de que el consumo energético que realicen será el que su reserva energética les permita, a diferencia de los consumidores de energía eléctrica de la red que podrán consumir la energía eléctrica que ellos puedan pagar. Otra consideración en el diseño de estos sistemas tener conocimiento del principal 'input' de los Sistemas Fovoltaicos, es decir la Radiación Solar. Este dato puede ser obtenido de un instituto de meteorología. Es necesario tener en cuenta también el dimensionamiento de los acumuladores de energía. Se presentan los tres tipos de esquemas de sistemas fotovoltaicos autónomos según sea el carácter de las cargas:

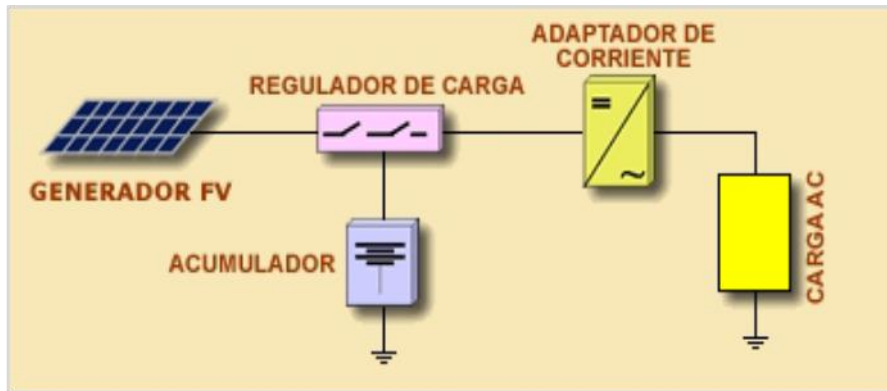
En la siguiente figura se presenta el esquema utilizado cuando las cargas necesitan corriente continua, tales como: iluminación, equipos de corriente continua, frigoríficos especiales etc.



Esquema de SFA con carga DC.

Ilustración 2

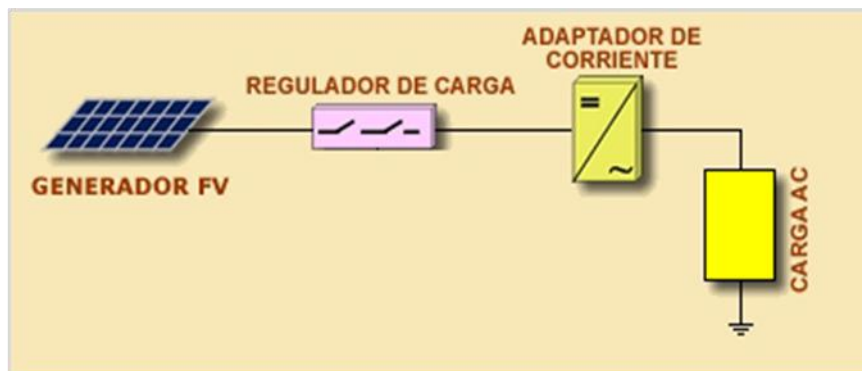
En la siguiente figura se presenta el esquema utilizado cuando las cargas necesitan corriente alterna tales como: motores en bombeo, electrodomésticos en general, etc.



Esquema de SFA con carga AC.

Ilustración 3

En la siguiente figura se presenta el esquema utilizado cuando las cargas necesitan corriente alterna tales como: motores, electrodomésticos en general en un determinado trabajo donde no es necesario utilizar acumuladores.



Esquema de SFA con carga AC y sin acumuladores.

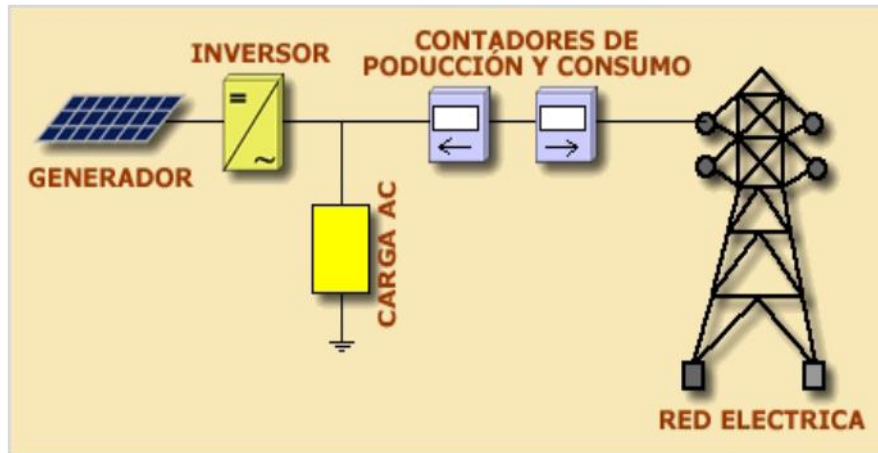
Ilustración 4

2.2.4.2. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica (SFCR) constituyen una de las aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica que más atención están recibiendo en los últimos años, dado su elevado potencial de utilización en zonas urbanizadas próximas a la red eléctrica. Estos sistemas están compuestos por un generador fotovoltaico que se encuentra conectado a la red eléctrica convencional a través de un inversor, produciéndose un intercambio energético entre ésta y el sistema fotovoltaico, característico de este tipo de instalaciones. Así, el sistema inyecta energía en la red, y extrae energía de ella en caso contrario.

La diferencia fundamental entre un sistema fotovoltaico autónomo y los conectados a red, consiste en la ausencia, en este último caso, del subsistema de acumulación, formado por la batería y la regulación de carga. Además, el inversor, en los sistemas conectados a red, deberá estar en fase con la tensión de la red. Uno de los factores favorables de los sistemas conectados a la red, es la posibilidad de mejorar la calidad del servicio de la energía suministrada por la red, ya que la máxima producción del sistema fotovoltaico coincide con horas en que los problemas de suministro para las compañías eléctricas son más graves.

En la siguiente figura se presenta el esquema tipo de un sistema fotovoltaico conectado a red:



Esquema de un SFCR

Ilustración 5

2.2.4.3. Clasificación por tipo de estructura

- **Estructura fija:** independiente de la potencia a instalar, puede ser utilizada tanto sobre cubierta como sobre terreno.
- **Estructura de seguidor solar:** sistema de seguimiento a uno o dos ejes, recomendado para obtener un mayor rendimiento de la instalación, del orden del 35 % respecto a una instalación fija.

2.2.4.4. Clasificación por aplicación

- Instalaciones de primer nivel de electrificación de vivienda y locales. Se incluyen las instalaciones para iluminación de viviendas y locales y para alimentación de electrodomésticos y de equipos en C.C.
- Instalaciones de segundo nivel de electrificación de viviendas. Se incluyen las instalaciones para iluminación de viviendas y locales y alimentación de electrodomésticos que para su utilización requieren convertidor de C.C. a C.A.
- Electrificación centralizada de grupos de viviendas.
- Electrificación de explotaciones agrícolas y ganaderas.
- Instalaciones para iluminación de naves y accionamiento de equipos en C.C. y en C.A., para uso agrícola y ganadero. Se excluyen de este grupo las instalaciones para uso exclusivo de bombeo de agua.
- Instalaciones de bombeo de agua.
- Instalaciones de uso exclusivo de bombeo de agua, que no requieren de acumulador eléctrico.
- Instalaciones para iluminación de exteriores. Se incluyen los sistemas de alumbrado público formados por equipos de iluminación autónomos que comprenden todos los elementos básicos de una instalación solar fotovoltaica.
- Instalaciones para señalización. Incluyen las instalaciones para alimentación de faros, balizas y boyas.

- Instalaciones para telecomunicaciones. Incluyen las instalaciones para alimentación de repetidores y reemisores de radio y T.V., equipos de radio y amplificadores - repetidores.

2.2.4.5. Clasificación según su utilización

- Instalaciones de uso doméstico.
- Instalaciones de uso público.
- Instalaciones de uso industrial.
- Instalaciones de uso recreativo.

2.2.5. Ventajas e inconvenientes de la energía solar fotovoltaica

Las instalaciones de generación de energía eléctrica fotovoltaica presentan las siguientes ventajas:

- Sistemas modulares: lo que facilita su flexibilidad para adaptarse a diferentes tipos de aplicaciones, y su instalación es relativamente sencilla.
- Tienen una larga duración: la vida útil de una planta fotovoltaica, la define la vida útil de sus componentes, principalmente el generador o módulo fotovoltaico, que constituye más del 50% del valor de la instalación.
- Los módulos tienen una vida esperada de más de 40 años. Realmente no se tienen datos para saber con exactitud la vida real de un generador conectado a red porque no se tiene suficiente perspectiva, existen módulos de instalaciones aisladas de red que llevan funcionando más de 30 años sin problemas. No requieren apenas mantenimiento: el mantenimiento es escaso, y no solo es conveniente hacerlo en las horas nocturnas para tener una disponibilidad diurna máxima, sino que es necesario, para evitar que existan tensiones en los generadores.
- Ofrecen una elevada fiabilidad: las instalaciones fotovoltaicas son de una alta fiabilidad y disponibilidad operativa alta, del orden del 95%.
- No producen ningún tipo de contaminación ambiental: por lo que contribuyen a la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) al utilizarse como alternativa a otros sistemas generadores de energía eléctrica más contaminantes.
- Tienen un funcionamiento silencioso.

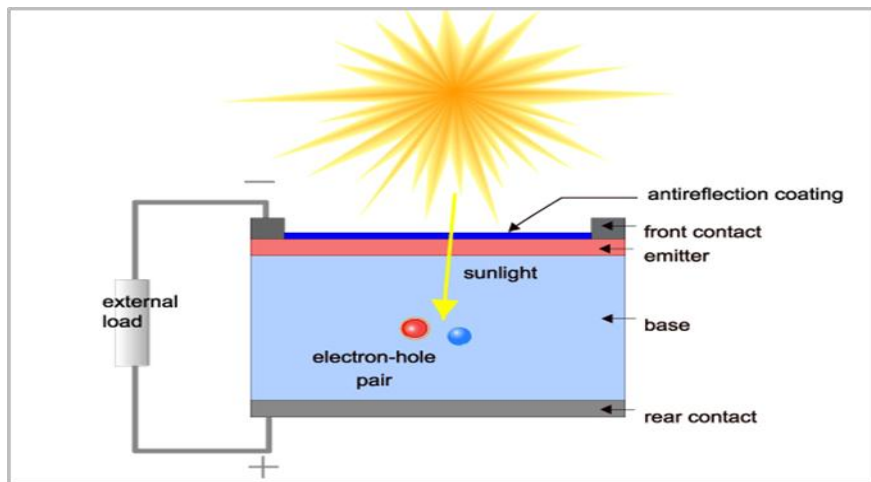
2.2.6. Células y módulos fotovoltaicos

2.2.6.1. Estructura de la célula solar

Una célula solar es un dispositivo electrónico que convierte directamente la luz solar en electricidad. Brillante luz sobre la célula solar produce tanto una corriente y un voltaje para generar energía eléctrica. Este proceso requiere en primer lugar, un material en el que la absorción de la luz plantea un electrón a un estado de energía más alto, y en segundo lugar, el movimiento de este superior de electrones de energía de la célula solar en un circuito externo. El electrón luego disipa su energía en el circuito externo y vuelve a la célula solar. Una variedad de materiales y procesos potencialmente puede satisfacer los requisitos

para la conversión de energía fotovoltaica, pero en la práctica casi toda la conversión de energía fotovoltaica utiliza materiales semiconductores en forma de un pn de unión. Los pasos básicos en el funcionamiento de una célula solar son:

- La generación de portadores de luz generada;
- La recogida de la luz generada lleva a generar una corriente;
- La generación de una gran tensión a través de la célula solar; y
- La disipación de potencia en la carga y en las resistencias parásitas.

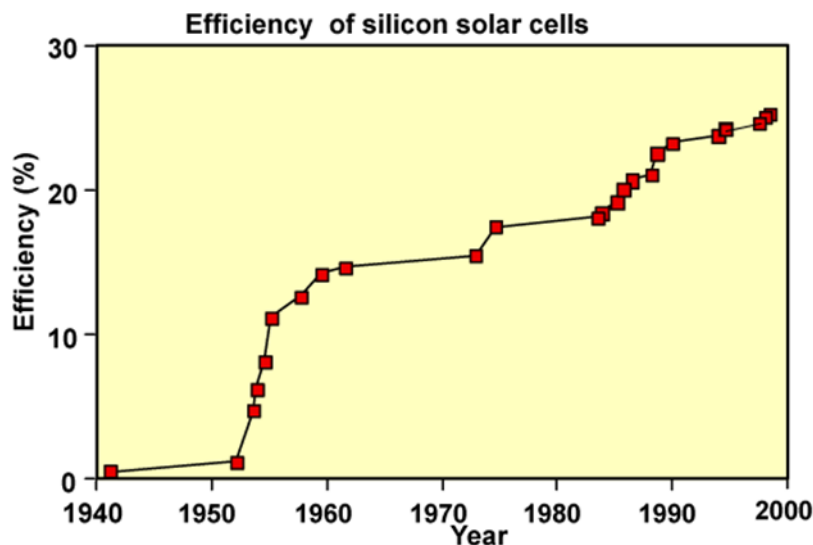


Sección transversal de una célula solar.

Ilustración 6

2.2.6.2. Principios de Diseño de células solares

Diseño de la célula solar implica especificar los parámetros de una estructura de célula solar con el fin de maximizar la eficiencia, dado un determinado conjunto de restricciones. Estas limitaciones serán definidas por el entorno de trabajo en el que se producen las células solares. Por ejemplo en un entorno comercial en donde el objetivo es producir una célula solar a precios competitivos, el costo de fabricación de una estructura de célula solar en particular debe ser tomado en consideración. Sin embargo, en un entorno de investigación donde el objetivo es producir una célula de tipo laboratorio altamente eficiente, maximizando la eficiencia en lugar de coste, es la consideración principal.



Evolución de la eficiencia de la célula solar de silicio.

GRÁFICO 1

La eficiencia teórica para la conversión fotovoltaica es de más de 86,8%. Sin embargo, la cifra de 86,8% utiliza los cálculos de balance detallados y no describe la implementación del dispositivo. Para las células de silicio solar, una eficiencia más realista bajo una operación de sol es de aproximadamente 29%. La eficiencia máxima medida para una célula solar de silicio es actualmente 24,7% bajo AM1.5G. La diferencia entre las altas eficiencias teóricas y las eficiencias de medidas a partir de las células solares terrestres se debe principalmente a dos factores. El primero es que las predicciones de eficiencia máximas teóricas asumen que la energía de cada fotón se utiliza de manera óptima, que no hay fotones no absorbidos y que cada fotón es absorbido en un material que tiene un intervalo de banda igual a la energía del fotón. Esto se consigue en teoría mediante el modelado de una pila infinito de células solares de diferentes materiales de banda prohibida, cada uno de absorber sólo los fotones que corresponden exactamente a su intervalo de banda.

El segundo factor es que los altos predicciones eficiencia teórica asumen una alta relación de concentración. Suponiendo que la temperatura y los efectos resistivos no dominan en una célula solar de concentración, aumentando la intensidad de la luz proporcionalmente aumenta la corriente de cortocircuito. Dado que el voltaje de circuito abierto (V_{oc}) depende también de la corriente de cortocircuito, V_{oc} aumenta logarítmicamente con el nivel de luz. Además, puesto que el factor de llenado máximo (FF) aumenta con V_{oc} , el FF máxima posible también aumenta con la concentración. El V_{oc} adicional y FF aumenta con la concentración que permite a los concentradores para lograr una mayor eficiencia.

En el diseño de este tipo de células solares de unión simple, los principios para maximizar la eficiencia de la célula son:

Aumentando la cantidad de luz recogida por la célula que se convierte en portadores; Aumentando la colección de portadores de luz generada por el pn de unión; reducir al mínimo la polarización directa de corriente oscura; la extracción de la corriente de la célula sin pérdidas resistivas.

2.2.6.3. Pérdidas en células solares

Puede suministrar una célula fotovoltaica la potencia luminosa que incide sobre su superficie según su rendimiento. El rendimiento obtenido en laboratorio sobre células de silicio monocristalino es del 22% - 24%, pero una vez que se pasa a su fabricación masiva éste baja a un valor aproximado del 15%, lo que quiere decir que, de cada 100 vatios que recibimos del Sol, tan sólo 15 se aprovechan para nuestro uso.

El hecho de este rendimiento tan bajo se debe fundamentalmente a los siguientes factores:

Energía insuficiente de los fotones incidentes.

- Pérdidas por recombinación.
- Pérdidas por reflexión.
- Pérdidas por los contactos eléctricos.
- Pérdidas por resistencia serie.

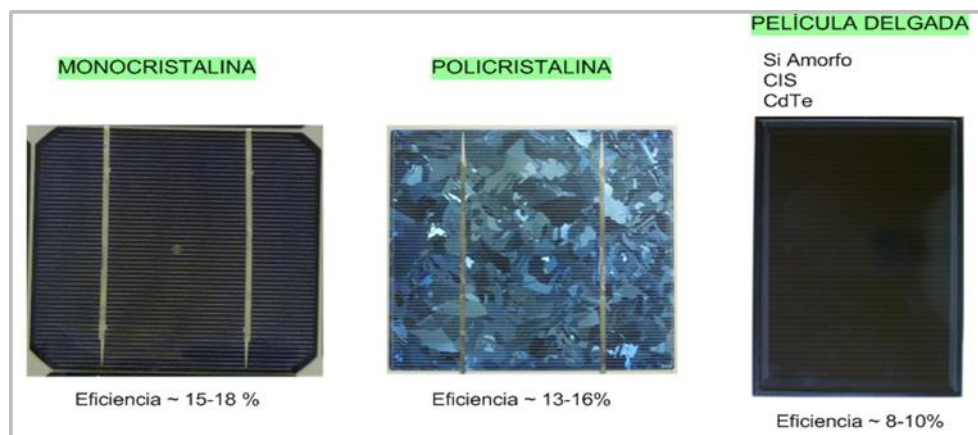


Célula solar

Ilustración 7

2.2.6.4. Tipos

- Células de arseniuro de galio. Rendimiento cercano al 27% - 28%, tecnología poco avanzada y costes elevados.
- Células de sulfuro de cadmio y sulfuro de azufre. Bajos rendimientos. Posible alternativa de bajo coste en el futuro.
- Células bifaciales. Células activas en sus dos caras. Rendimiento cercano al 30% pero muy caras y complejidad en la instalación.
- Células de silicio amorfo. Posee la ventaja de que su espesor llega a ser 50 veces más fino que el equivalente en células de silicio monocristalino. Eficiencia en torno al 9%, pudiendo aumentar en las versiones multicapas. Costes muy económicos.
- Células de silicio policristalino. Rendimiento de hasta el 14%. Posibilidad de producirlas directamente en forma cuadrada, por lo que no es necesario el posterior mecanizado.
- Células de silicio monocristalino. Son las más empleadas en la actualidad. No olvidemos que el silicio es el material más abundante en la Tierra después del oxígeno.



Tipos de células solares.

Ilustración 8

2.2.6.5. Parámetros de una célula solar

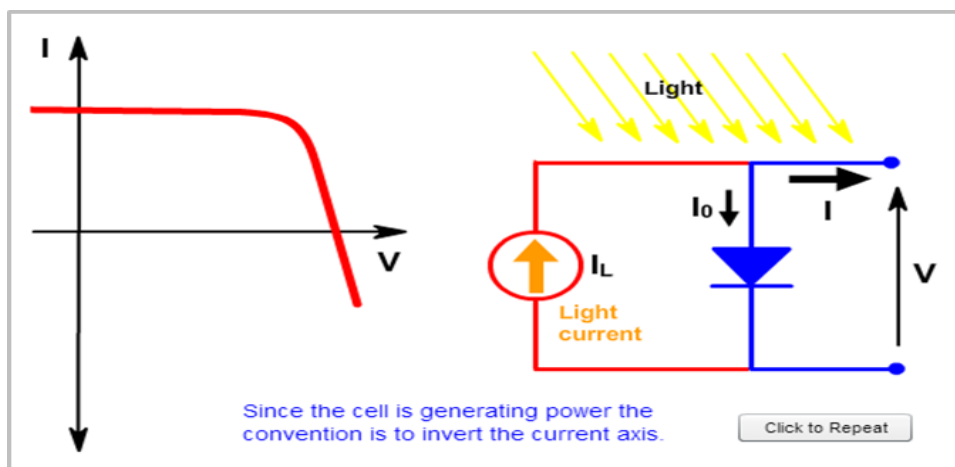
- **Intensidad de cortocircuito - I_{SC} :** Es aquella que se produce a tensión cero.
- **Tensión de circuito abierto - V_{OC} :** Representa la tensión máxima que puede dar una célula.
- **Potencia de entrada - P_{in} :** Es la potencia eléctrica máxima que puede suministrar una célula.
- **Factor de forma (FF):** Calidad de la célula.
- **Intensidad pico - I_{mp} :** Máxima generada.
- **Tensión de pico - V_{mp} :** Mxima generada.
- **Rendimiento (η):** Cociente entre la potencia pico y la potencia de radiación incidente.

$$FF = \frac{I_{mp} * V_{mp}}{I_{sc} * V_{oc}}$$

$$\eta = \frac{V_{oc} * I_{sc} * FF}{P_{in}}$$

2.2.6.6. La curva IV de una célula solar

Es la superposición de la curva IV del diodo de células solares en la oscuridad con la corriente generada por la luz. La luz tiene el efecto de desplazar la curva IV abajo en el cuarto cuadrante donde el poder puede ser extraído del diodo. Iluminando una célula se suma a las corrientes normales "oscuras" en el diodo para que la ley de diodo se convierte en:



El efecto de la luz sobre las características corriente-tensión de un p-unión.

Ilustración 9

2.2.6.7. Proceso de fabricación de las células monocristalinas

Se distinguen dos pasos: Elaboración y purificación del silicio y la propia fabricación de la célula. El silicio se obtiene principalmente de la sílice (óxido de silicio), de la que, por el método de reducción, se extrae el silicio llamado de grado metalúrgico, que dispone de una pureza del 98%, que al no ser suficiente ha de volver a purificarse hasta llegar a un grado de 99'9999%, obteniéndose el silicio de grado electrónico. Una vez obtenido el material adecuado por su pureza, comienza propiamente el proceso de fabricación, que consiste en introducir el silicio al 99'9999 % en un crisol junto con impurezas de boro, para

formar una masa fundida, llevando el conjunto a una temperatura de 1400 °C aproximadamente.

Una vez que todo el material se encuentra en estado líquido, se dispone de una varilla cuyo extremo tiene un germen de silicio que, al ponerse en contacto con la masa, da comienzo al proceso de solidificación del material. Esta varilla tiene un movimiento rotativo y lentamente ascendente, de tal forma que va solidificando un tocho metálico de un diámetro que corresponde a la velocidad de ascenso y giro que se ha imprimido a la varilla. Ésta es la razón por la cual la mayoría de las células solares tienen forma circular. En el caso de querer hacerlas cuadradas, tendríamos que cortar los cuatro trozos laterales hasta dejar el cuadrado inscrito en dicho círculo. Una vez que se dispone del tocho de silicio monocristalino, se trocea en finas obleas que posteriormente se convertirán en células solares. El corte se realiza mediante sierras extremadamente precisas, obteniendo obleas de un espesor orden de 0'3 milímetros.

En esta etapa se llega a desperdiciar en polvo hasta un 40 % del material, que puede ser nuevamente reciclado aunque con evidentes pérdidas económicas para el producto final. La siguiente fase consiste en restablecer los efectos perniciosos que se han producido por el efecto del corte. Esto se realiza introduciendo las obleas en baños químicos que restauran la capa superficial dañada, preparándola para posteriores pasos. A continuación se muestra un resumen de la evolución de la fabricación de las células solares:



Proceso de fabricación de las células solares.

Ilustración 10

2.2.6.8. Módulo fotovoltaico

Las células se agrupan en lo que se denomina módulo o panel fotovoltaico, que no es otra cosa que un conjunto de células conectadas convenientemente, de tal forma que reúnan unas condiciones óptimas para su integración en sistemas de generación de energía, siendo compatibles (tanto en tensión como en potencia) con las necesidades y equipos estándares existentes en el mercado. Normalmente, se habla de paneles de 6 V, 12 V, 24 V y 48 V, si bien es cierto que su tensión está por

encima de las mencionadas, oscilando las potencias producidas entre los 2.5 W y los 320 W. Las células que integran un panel fotovoltaico deben estar comprendidas en un rango muy estrecho en cuanto a sus parámetros eléctricos, para evitar las descompensaciones que se producirían en el interior del módulo si unas generaran más corriente que las vecinas. Precisamente por este motivo son de suma importancia las pruebas finales de las células, dentro de su proceso de fabricación. El módulo fotovoltaico consta de diversas capas que recubren a las células por arriba y por abajo, con el fin de darles una protección mecánica, a la vez que además las protegen contra los agentes atmosféricos, especialmente el agua, que puede llegar a ser causante de la oxidación de los contactos, con lo cual las células quedarían inservibles para la producción de energía. Los módulos fotovoltaicos tienen estructuras y formas muy variadas. Podríamos hacer una división general diciendo que un módulo puede estar formado por:

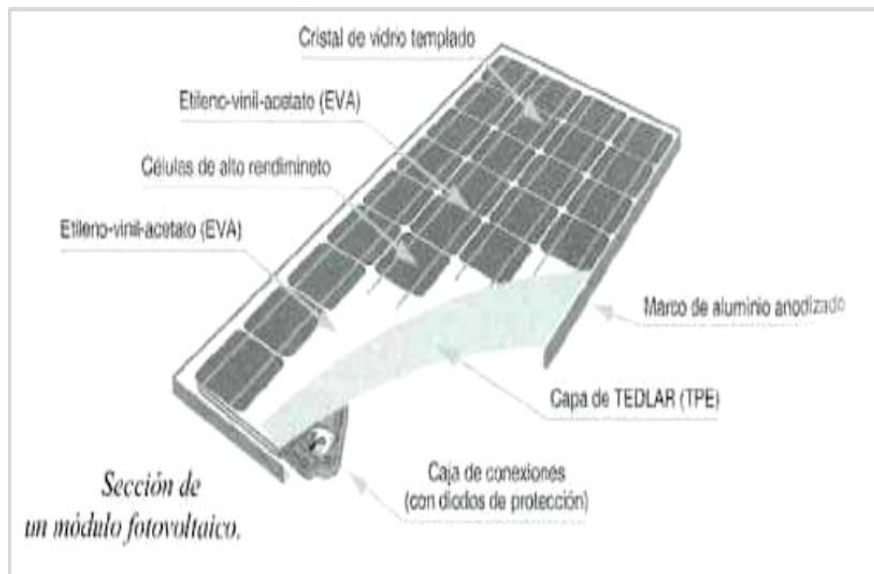
- Cubierta exterior.
- Capa encapsulante anterior.
- Células fotovoltaicas.
- Capa encapsulante posterior.
- Protección posterior.
- Marco soporte.
- Contactos eléctricos de salida.

Una vez que se dispone de las células solares debidamente seleccionadas y agrupadas, se interconexionan en serie para conseguir una tensión normalizada y, por tanto, fácil de trabajar con ella. Generalmente se dispone de un total de 30 a 36 células, número que variará en función del tipo y tensión de cada una. Dispuesto el circuito eléctrico se depositan, por una parte, el cristal y una capa de encapsulante, y por la contraria, otra capa de encapsulante y la de protección posterior.

Este conjunto es introducido en un horno especial para su laminación, donde se realizará el vacío para hacer desaparecer toda bolsa de aire que pueda quedar en el interior. Seguidamente se va aumentando la temperatura, de tal forma que el encapsulante empiece a fundirse (ya que su punto de fusión es más bajo que el del resto de los materiales), rodeando totalmente a células y contactos, a la vez que hace de adhesivo con el cristal y la capa posterior, quedando el conjunto totalmente estanco.

Una vez que todas estas capas han formado un bloque compacto, se aplica el marco soporte mediante goma butílica o silicona, para permitir sin problemas las dilataciones del conjunto por efecto del calor.

El proceso siguiente consiste en incorporar las bornes de conexión y realizar las pruebas finales del módulo, que permitirán clasificarlos por potencias para que, mediante algún código, puedan ser identificadas a la hora de su instalación y, al igual que las células, el conjunto de módulos presente características comunes que no permitan descompensaciones entre los grupos serie-paralelo.



Sección de un módulo fotovoltaico.

Ilustración 11

En cuanto a la vida útil de los módulos, la frontera de los 30 años es hoy en día una realidad.

2.2.7. Inversor CC/CA

El inversor CC/CA tiene la misión de transformar la corriente continua del grupo fotovoltaico en corriente alterna perfectamente sincronizada con la distribución de energía eléctrica. Este hecho hace que la primera condición para su diseño sea el seguimiento distribución, así como su acoplamiento en la salida al tipo de red existente, ya sea trifásica, monofásica o bien de alta o baja tensión.

El diseño del "corazón" del inversor (circuitos de control) queda encomendado al uso exclusivo de microprocesadores, los cuales proporcionan un abanico de posibilidades infinito.

Las partes fundamentales que componen un inversor son las siguientes:

- **Control principal:** Incluye todos los elementos de control general, así como la propia generación de onda, que se suele basar en un sistema de modulación por anchura de pulsos (PWM). También se incluye una gran parte del sistema de protecciones, así como funciones adicionales relacionadas con la construcción de la forma de onda.
- **Etapas de potencia:** Esta etapa, según los módulos disponibles, puede ser única, de la potencia del inversor, o modular, en cuyo caso se utilizan varias hasta obtener la potencia deseada, lo cual hace decrecer la fiabilidad, pero asegura el funcionamiento, aunque sea limitado, en caso de fallo de alguna de las etapas en paralelo. Las últimas tecnologías apuestan por el trabajo en alta frecuencia de los puentes semiconductores, consiguiendo mucho mejor rendimiento, así como tamaños y pesos sensiblemente menores. No obstante, el empleo de la tecnología clásica en baja frecuencia sigue imperando en parte del mercado por sus buenos resultados, fiabilidad y bajo coste, siendo quizá su único

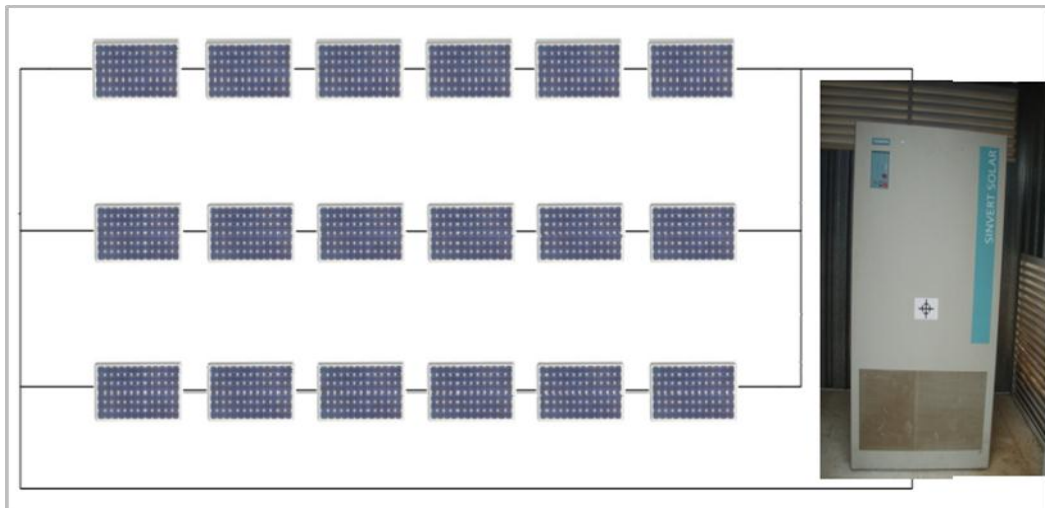
inconveniente el mayor tamaño que presenta, aunque, sus medidas para uso en sistemas domésticos de 1 a 5 kW no suponen gran dificultad a la hora de su instalación en cualquier lugar de la vivienda fotovoltaica conectada a red. Toda etapa de potencia debe incorporar su correspondiente filtro de salida, cuya misión es el filtrado de la onda por un dispositivo LC, así como evitar el rizado en la tensión recibida de los módulos fotovoltaicos.

- **Control de la distribución:** Es la interface entre la red y el control principal para el correcto funcionamiento del conjunto. Este circuito sincroniza perfectamente la forma de onda generada hasta este momento por el inversor (control principal + etapa de potencia) a la de la red eléctrica, ajustando la tensión, el sincronismo, el control de fase, etc.
- **Seguidor del punto de máxima potencia:** Su misión consiste en acoplar la entrada del inversor a generadores de potencia instantánea variables, como son los módulos fotovoltaicos, obteniendo de esta forma la mayor cantidad de energía disponible en cada momento del campo solar. Es decir, se encarga constantemente de mantener el punto de trabajo de los módulos fotovoltaicos en los valores de mayor potencia posible, dependiendo de la radiación existente en cada momento.
- **Protecciones:** Los inversores de conexión a red disponen de unas protecciones adecuadas al trabajo que deben de realizar. Aparte de la normativa genérica de protección contra daños a las personas y compatibilidad electromagnética, que deben de llevar todos los dispositivos eléctricos fabricados y/o comercializados en Europa según normativa de marcado CE, estos equipos suelen incorporar como mínimo las siguientes protecciones:
 - ✓ Tensión de red fuera de márgenes.
 - ✓ Frecuencia de red fuera de márgenes.
 - ✓ Temperatura de trabajo elevada.
 - ✓ Tensión baja del generador fotovoltaico.
 - ✓ Intensidad del generador fotovoltaico insuficiente.
 - ✓ Fallo de la red eléctrica.
 - ✓ Transformador de aislamiento (obligatorio).

2.2.8. Tipos de Inversores Comerciales

Una clasificación típica de los inversores es la que se realiza atendiendo al número de inversores por generador fotovoltaico y a la conexión del inversor al generador.

- **Inversor central**



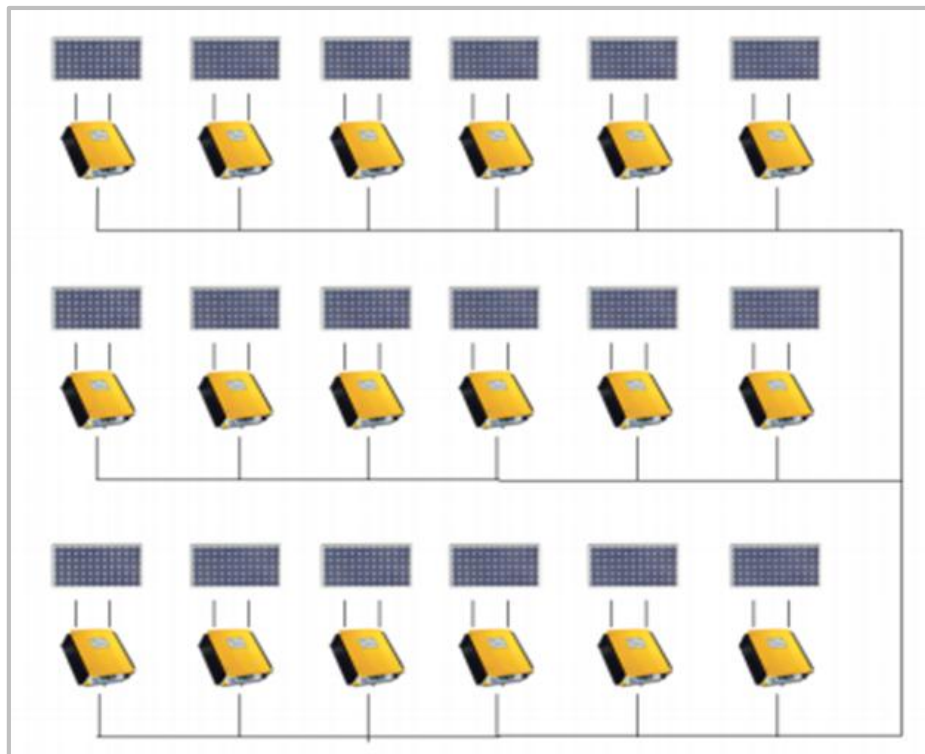
Inversor tipo central.
Ilustración 12

- Inversor orientado a rama (string inverter)



Inversor tipo rama.
Ilustración 13

- Inversor orientado a módulo



Inversor tipo a modulo.

Ilustración 14

- **Inversor multi-string**

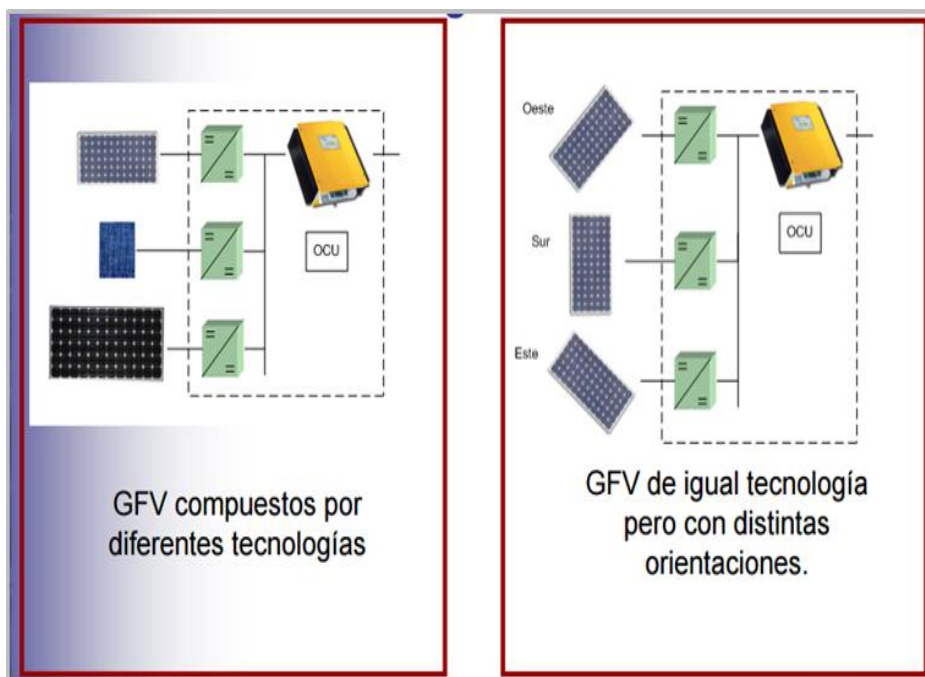


Ilustración 15

2.2.9. Estructuras soporte para módulos fotovoltaicos

2.2.9.1. Conceptos generales

La estructura soporte, asegura el anclaje del generador solar y proporciona la orientación y el ángulo de inclinación idóneo para el mejor aprovechamiento de

la radiación, siendo los encargados de hacer a los módulos y paneles fotovoltaicos resistentes a la acción ejercida por los elementos atmosféricos. Supongamos que disponemos de una superficie de paneles de 1 m², y en la zona donde están instalados pueden producirse vientos de 200 km/h. La fórmula que expresa la presión máxima del viento es:

$$P = \frac{F}{S} = 0.11V^2$$

Donde el significado de cada variable es:

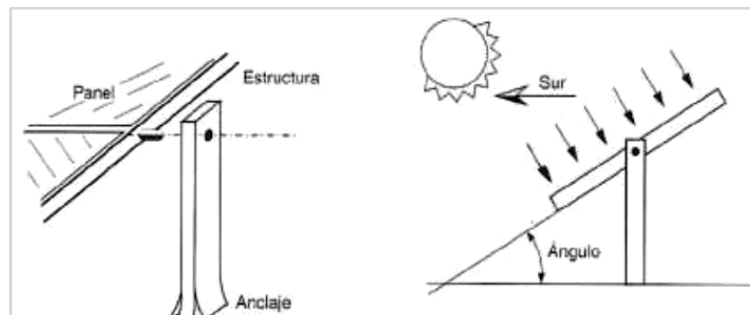
- ✓ F es la fuerza del viento en kp
- ✓ V es la velocidad del aire en m/s
- ✓ S es la superficie receptora en m²
- ✓ P es la presión del viento en kp/m²

Si aplicamos los datos anteriores al caso propuesto (teniendo en cuenta que 200 km/h = 55'5 m/s) obtendremos:

$$F = 0.11 * 55^2 * 1 = 338. \text{ Kp}$$

1kp = 1 kilogramo fuerza

Lo cual demuestra el efecto que puede hacer el viento sobre un grupo de módulos solares, y nos hace pensar en las graves consecuencias de un mal anclaje o un erróneo diseño de la estructura que soporta el conjunto.

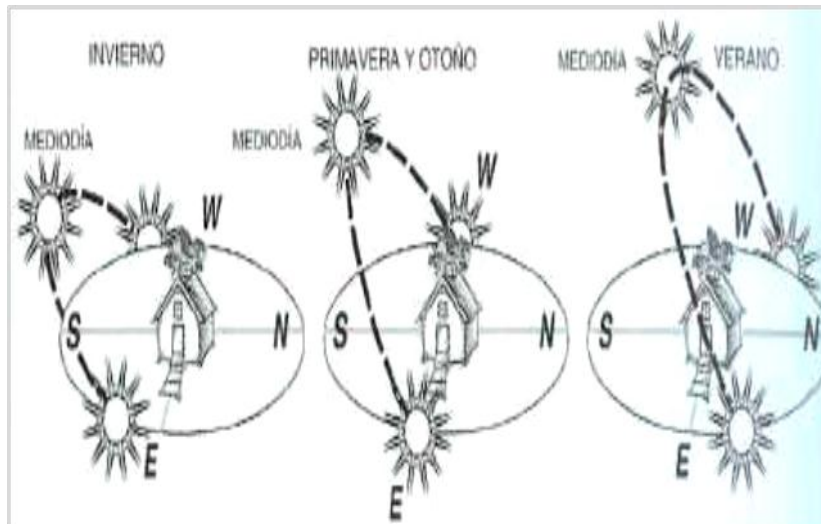


Esquema de la estructura soporte de los paneles fotovoltaicos.

Ilustración 16

2.2.9.2. Inclinación

En cuanto a la orientación, ésta ha de ser siempre sur (si estamos en el hemisferio norte), pues es la única posición donde aprovechamos, de una forma total, la radiación emitida por el Sol a lo largo de todo el día. Tan sólo en circunstancias muy especiales podremos variar ligeramente la orientación hacia el poniente o el levante, como puede ser en el caso de existir un obstáculo natural (montaña, etc.) que durante un cierto período impida aprovechar la radiación directa del Sol. Entonces puede ser interesante orientar el panel solar unos grados hacia la derecha, si la sombra se produce a primeras horas de la mañana, para aprovechar al máximo el sol a su puesta, o bien, por el contrario, orientar el conjunto fotovoltaico hacia la izquierda si el obstáculo se encuentra al atardecer. Hemos de decir que esto no representa un incremento grande en cuanto a la potencia eléctrica generada, ya que la salida y la puesta de Sol son los momentos de radiación más débil. No obstante, puede notarse algo más en la estación estival, cuando el Sol tiene su mayor recorrido.

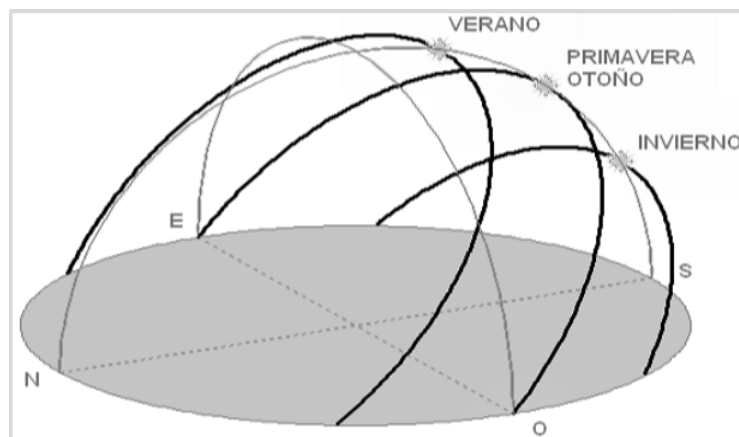


Recorrido de la radiación solar según estaciones.

Ilustración 17

Parece lógico pensar que la mayor perpendicularidad entre los rayos de sol y los módulos fotovoltaicos debería ocurrir en el instante del día en que la intensidad de la radiación solar fuese mayor, es decir, cuando la elevación aparente del Sol sobre el horizonte fuese la máxima diaria.

Tal como se muestra en la figura 19, todos los días del año hay que mirar en dirección del meridiano geográfico local para ver el Sol en su punto más alto sobre el horizonte, de modo que los módulos fotovoltaicos se deben orientar hacia el Sur geográfico si se encuentran en el hemisferio norte, y hacia el Norte geográfico si se encuentran en el hemisferio sur.



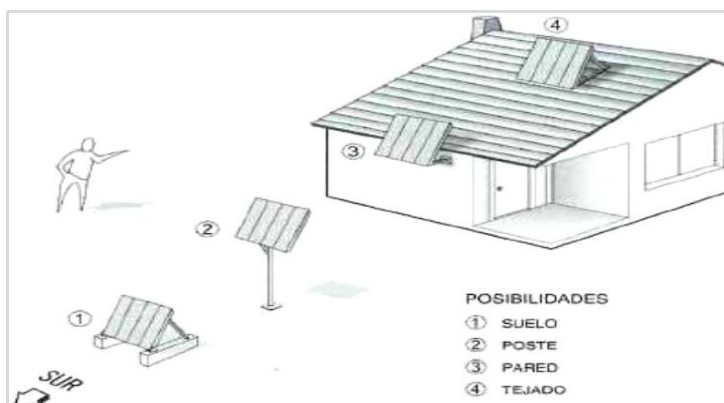
Trayectorias del sol en una latitud Próxima a 40° N.

Ilustración 18

En cuanto a la inclinación óptima de los módulos, parece claro también que ésta debería ser tal que favoreciese la captación en las épocas de mayor radiación solar disponible. No obstante, para determinar su valor con una precisión aceptable es necesario recurrir a métodos de cálculo analítico. En sistemas de conexión a red ubicados en latitudes próximas a 40°, la inclinación óptima ronda los 30°, si bien cualquier inclinación entre 10° y 50° no provocaría pérdidas de captación anual superiores al 10 %.

2.2.9.3. Tipos de estructura

En la figura 17 se representan cuatro formas típicas de colocar un grupo de módulos fotovoltaicos, que comentaremos seguidamente.



Tipos de estructura para módulos solares

Ilustración 19

.Es la forma clásica. Muy robusta. En esta disposición la acción del viento es menor, pues a mayor altura, mayor es la fuerza del viento. Gran facilidad para su instalación, tanto de la propia estructura soporte como de los paneles fotovoltaicos. Como inconvenientes su excesiva accesibilidad y la mayor probabilidad de que puedan producirse sombras parciales. A la mayoría de estas instalaciones se las suele proteger por medio de un cerramiento metálico. El montaje de este tipo de sustentación del conjunto solar no es demasiado apropiado para aplicaciones en montaña, donde pueda producirse la presencia de nieve, que podría llegar a dejar inmersos en ella a los paneles.

Usado principalmente en instalaciones donde ya se disponga de un mástil. Las instalaciones recomendadas no deben ser muy grandes, contando con poco más de un metro cuadrado de superficie de módulos, ya que si ésta es mayor, nos obligaría a sobredimensionar e incluso arriistrar el mástil, siendo posible entonces que otro sistema pudiera ser más económico y de más fácil montaje. Es muy utilizado en las instalaciones de repetidores, donde ya se dispone de una antena que puede hacer las veces de mástil.

Consiste en acoplar la estructura a una de las paredes del recinto. Seguridad debido a la altura, estructura liviana.

Puede este sistema adaptarse mediante tacos de expansión o bien realizando una pequeña obra donde se inserte la estructura. La acción del viento queda drásticamente disminuida. El inconveniente es que una de las fachadas dé al Sur. Cualquier variación presentará problemas accesorios.

La instalación en la cubierta de un edificio es uno de los métodos más usados a la hora de realizar el montaje de un equipo solar, ya que normalmente siempre podremos disponer del lugar adecuado para garantizar la perfecta orientación, además de suficiente espacio.

2.2.9.4. Seguidor solar de 2 ejes

El Seguidor Solar de 2 ejes es un equipo electromecánico que en su parte superior lleva fijados los módulos fotovoltaicos y que consigue que la insolación sobre los mismos sea máxima; toda esta estructura se mueve de Este a Oeste

sobre un eje que puede girar 240° (seguimiento azimutal) y un segundo eje con movimiento de inclinación desde los 60° hasta la posición horizontal.



Seguidor solar.
Ilustración 20

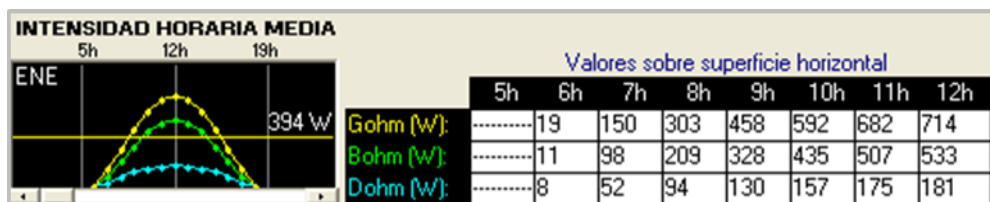
2.3. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA TERMINOLOGÍA EMPLEADA

2.3.1. Conceptos básicos de radiación

Se conoce como radiación al “proceso físico del cual se transmite energía en forma de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz. No requieren algún medio para su propagación. La actinometría es el estudio y medida de la intensidad de las radiaciones en general y de las radiaciones solares en particular

2.3.2. Irradiancia

Es la rapidez de incidencia de energía radiante sobre una superficie, por unidad de área. Para expresarla se utiliza la letra G junto con los subíndices adecuados: G_o , G_b , G_d , para la irradiancia extraterrestre, directa y difusa. Las unidades comunes para este término son de W/m^2 . La irradiancia indica que la radiación es un fenómeno que transcurre en el tiempo, en un instante dado.



Irradiancia.

GRÁFICO 2

2.3.3. Irradiación

La cantidad de energía que incide sobre la unidad de área en un periodo de tiempo dado, es decir es la integral de la irradiancia durante tal periodo. Se usa la letra I para indicar la insolación horaria, y H para la insolación que incide en un día. Las unidades correspondientes más comunes son J/m^2 .

2.3.4. Radiación directa

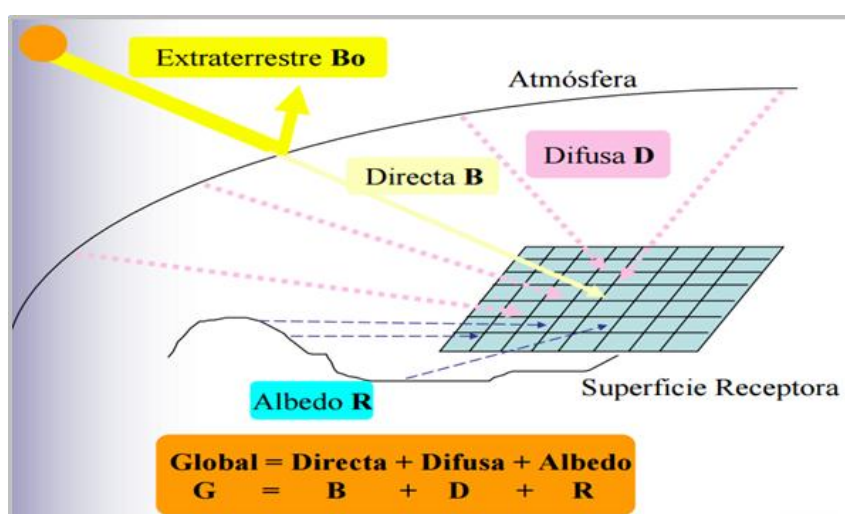
Se conoce como radiación directa, o rayo, a la radiación recibida del sol que no ha sido absorbida ni dispersada. La radiación solar que se mide fuera de la atmósfera es en su totalidad radiación directa, ya que no hay presencia de cuerpos o fenómenos que modifiquen su trayectoria. Sin embargo, cuando los rayos del sol cruzan la atmósfera, una parte de ellos son absorbidos o dispersados y el resto logra tocar la superficie terrestre en forma directa.

2.3.5. Radiación difusa

Es la radiación solar recibida en la superficie terrestre después que su dirección ha sido cambiada por la dispersión en la atmósfera. La radiación que incide sobre la superficie también consiste de radiación solar dispersa proveniente del cielo y posiblemente la radiación solar reflejada por la tierra. Dado la radiación difusa se presenta cuando los rayos solares penetran la atmósfera, es aquí donde se presentan los dos fenómenos relacionados con la magnitud de la radiación difusa (dispersión y absorción).

2.3.6. Radiación incidente

La radiación incidente denominada también global o total es la suma de las radiaciones directa y difusa sobre la superficie. Es la medición más común de la radiación solar (radiación total sobre una superficie horizontal).



Irradiación Global.

Ilustración 21

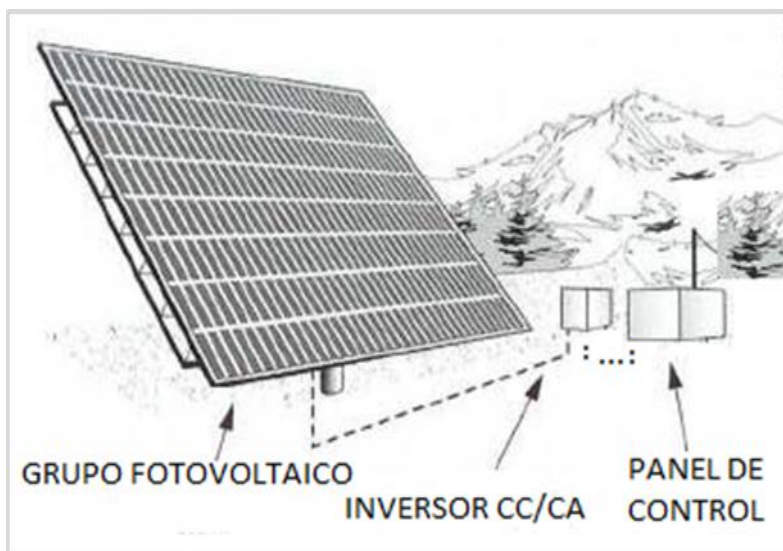
El Sol emite energía en forma de ondas electromagnéticas de distintas frecuencias, fundamentalmente en los rangos de la luz visible, ultravioletas e infrarrojos. Una pequeña fracción de esta energía es interceptada por la Tierra. La cantidad de energía que recibe nuestro planeta – antes de llegar a la atmósfera - por unidad de superficie se denomina constante solar y su valor es aproximadamente igual a 1367 W/m^2 , cuando es medida perpendicular a los rayos solares.

Una parte importante de la radiación que incide sobre la atmósfera es absorbida por el vapor de agua, el anhídrido carbónico el oxígeno y el ozono presente, reduciendo la intensidad a medida que va atravesando la misma. Al nivel del mar la radiación solar es aproximadamente igual a 1.000 W/m^2 cuando es medida perpendicular a los rayos solares. Este es el valor estándar que se utiliza como base para expresar las características eléctricas de los generadores solares y para el dimensionamiento de los sistemas.

2.3.7. Descripción de un sistema fotovoltaico autónomo

2.3.7.1. Conceptos generales

Hace ya años que se realizaron las primeras experiencias en sistemas fotovoltaicos que suministraban la energía producida directamente a la red eléctrica convencional, en este caso se conecta a las cargas sin necesidad de acumuladores, evitándose así el uso de baterías, cuyo coste tiene gran repercusión en el precio final del conjunto. Una instalación conectada a la carga eléctrica demandada, está formada por el conjunto de módulos fotovoltaicos y un inversor capaz de convertir la corriente continua del grupo solar (G.S) en corriente alterna, para suministrarlo a los motores con frecuencia y fase.



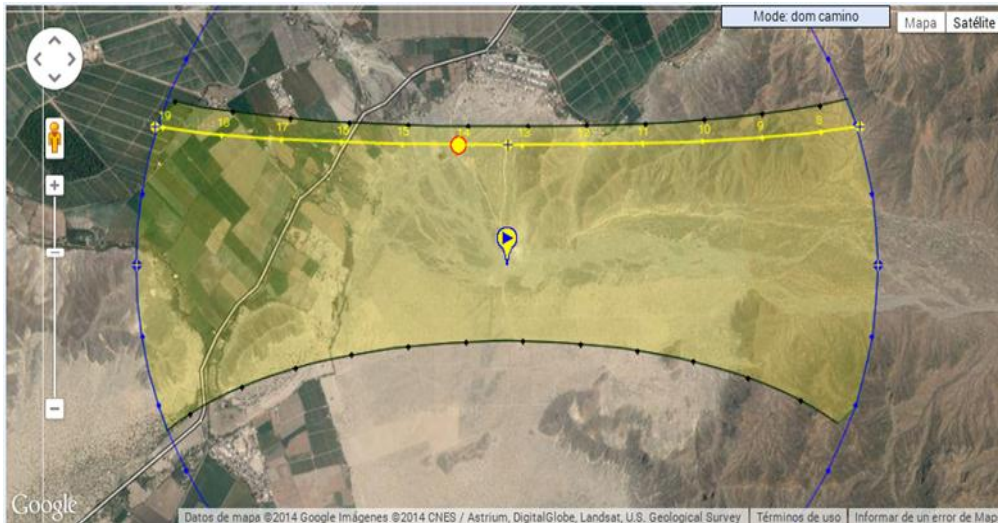
Esquema de la generación de energía G.S.

Ilustración 22

2.3.7.2. Campo solar

El campo solar, generador de la energía que posteriormente será suministrada a la instalación de distribución eléctrica, debe ser diseñado meticulosamente. Son varios los factores a tener en cuenta a la hora de plantear un sistema de

este tipo, a saber: su integración, tensión de trabajo, interconexión, protecciones y estructura soporte.



Campo solar.

Ilustración 23

2.3.7.3. Integración

Cuando estas instalaciones estén ubicadas en viviendas, generalmente unifamiliares, en las ciudades y urbanizaciones, se debe tener muy en cuenta su integración dentro del conjunto. Generalmente, los módulos se instalan en la cubierta sur del edificio, aprovechando la propia inclinación de ésta, y se sitúan en espacios libres de sombras que puedan producir árboles o edificios colindantes. Aquí prima la energía máxima anual y no la máxima invernal, como ocurre en los otros casos. El ángulo de inclinación idóneo para una instalación es aquél tal que la producción de todo el año resulta ser la más alta, ya que se trata de suministrar el máximo de energía independientemente de la época del año. Hoy en día, se trata de fabricar los propios módulos fotovoltaicos preparados para su uso en la construcción, como elementos para panelar cubiertas y fachadas y con una estética diseñada para este tipo de instalaciones. Estos diseños se ven favorecidos por el uso de módulos de capa delgada, que aun siendo de más bajo rendimiento, permiten unas mayores posibilidades estéticas, ya que pueden ser fabricados en distintos colores, incluso traslúcidos, para actuar como elementos de acristalamiento. También en los módulos cristalinos tradicionales se está experimentando con células coloreadas, y con la tecnología de Silicon Film, APEX, con la cual podrían hacerse módulos de una sola célula, con lo que evitaríamos las conexiones entre células en los módulos.



Instalaciones F.V ubicadas en viviendas.

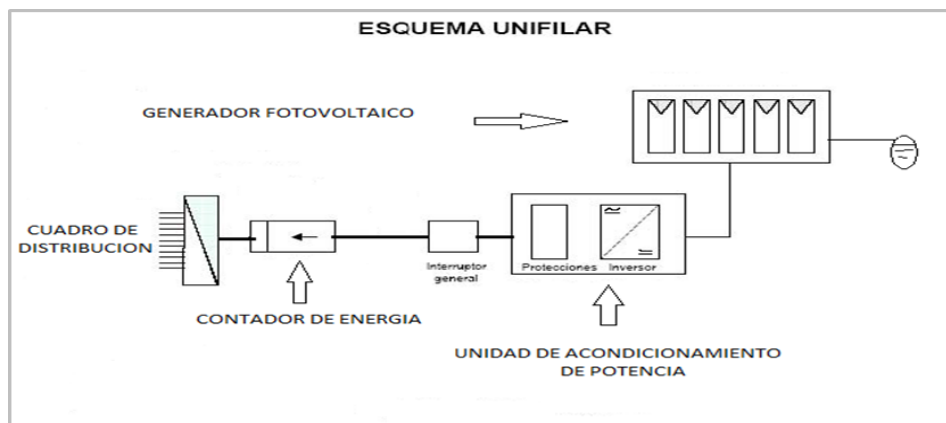
Ilustración 24

2.3.7.4. Estructuras de soporte

Algunos aspectos comunes pueden ser: cálculo de acuerdo con el estudio de los vientos dominantes, peso del conjunto en caso de ser integrado en una cubierta, facilidad de reposición por avería de algún módulo, cuidado especial en los anclajes respecto a la posible filtración de agua en el caso de tejados, aislamiento del conjunto metálico y/o puesta a tierra de la masa metálica, etc.

Componentes de una instalación fotovoltaica (autónomo)

El esquema unifilar de un sistema fotovoltaico conectado a la carga de demanda es el que sigue a continuación:

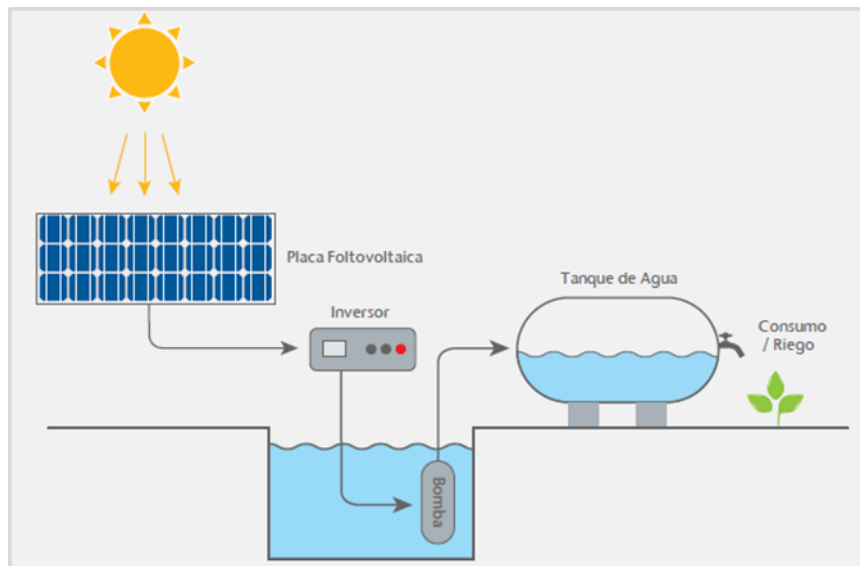


Esquema unifilar de un sistema fotovoltaico (autónomo).

Ilustración 25

Los elementos que componen la instalación son:

- ✓ Generador fotovoltaico (módulos fotovoltaicos).
- ✓ Fusibles
- ✓ Caja de conexiones
- ✓ Inversor.
- ✓ Interruptores.
- ✓ Contadores (opcional según el caso).
- ✓ Cuadro de protecciones y de distribución.



Bombeo Solar Directo.

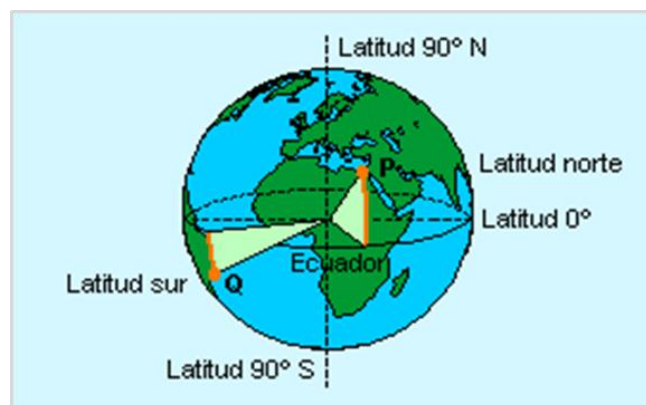
Ilustración 26

2.3.8. Latitud

Se mide en grados sexagesimales (representados por el símbolo ($^{\circ}$) inmediatamente arriba y a la derecha del número, mientras que las subdivisiones o fracciones de los grados se representan con ' que significa minuto sexagesimal y " que significa segundo sexagesimal), entre 0° y 90° ; y puede representarse de dos formas:

Indicando a qué hemisferio pertenece la coordenada.

Añadiendo valores positivos, es decir con un signo + o por lo consuetudinario sin ningún signo antes del número -norte- y negativos, con un signo menos o – antes del número en el sur. Así, diez grados en latitud norte podría representarse 10°N o $+10^{\circ}$; y diez grados sur podría ser 10°S o -10° .



Latitud.

Ilustración 27

2.3.9. Longitud

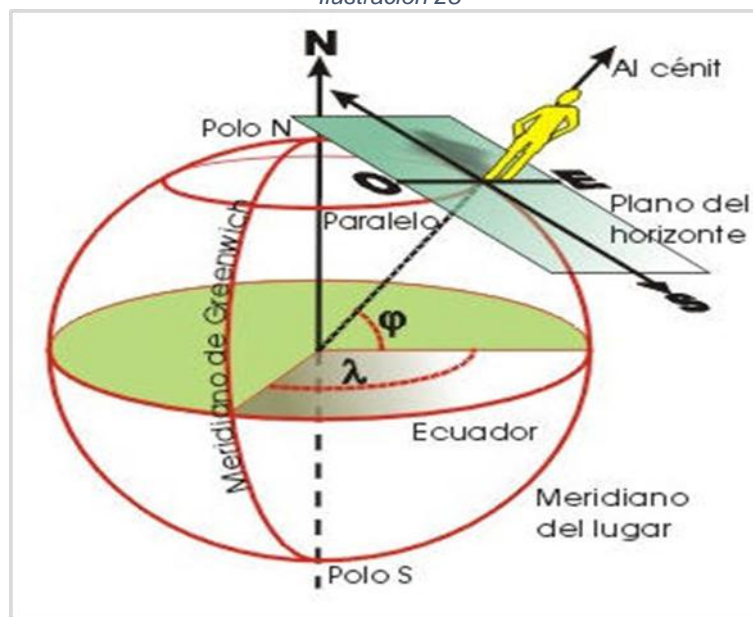
La longitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Meridiano de Greenwich, medida sobre el paralelo que pasa por dicho punto.

Se expresa en grados sexagesimales.

- ✓ Todos los puntos ubicados sobre el mismo meridiano tienen la misma longitud.
- ✓ Aquellos que se encuentran al oriente del meridiano de Greenwich reciben la denominación Este (E).
- ✓ Aquellos que se encuentran al occidente del meridiano de Greenwich reciben la denominación Oeste (O).
- ✓ Se mide de 0° a 180° .
- ✓ Al meridiano de Greenwich le corresponde la longitud de 0° .
- ✓ El antimeridiano correspondiente está ubicado a 180° .
- ✓ Los polos Norte y Sur no tienen longitud.



Longitud.
Ilustración 28



Plano de inclinación.
Ilustración 29

2.3.10. Tipos de potencias eléctricas

En líneas generales la potencia eléctrica se define como la capacidad que tiene un aparato eléctrico para realizar un trabajo o la cantidad de trabajo que el mismo realiza en unidad de tiempo. Su unidad de medida es el watt (W). Sus múltiplos más empleados son el kilowatt (kW) y el megawatt (MW), mientras el submúltiplo corresponde al miliwatt (mW).

Sin embargo, en los equipos que funcionan con corriente alterna y basada en el electromagnetismo, como los motores y los transformadores, por ejemplo, coexisten tres tipos diferentes de potencia:

- ✓ Potencia activa.
- ✓ Potencia reactiva.
- ✓ Potencia aparente.

Triángulo de potencias que forman la potencia activa, la potencia reactiva y la potencia aparente. El ángulo que se aprecia entre la potencia aparente y la activa se denomina coseno de "fi" o "factor de potencia" y lo crea la potencia reactiva. A mayor potencia reactiva, mayor será ese ángulo y menos eficiente será el equipo al que le corresponda.



Triángulo de potencias.

Ilustración 30

2.3.10.1. Potencia activa

La denominada “potencia activa” representa en realidad la “potencia útil”, o sea, la energía que realmente se aprovecha cuando ponemos a funcionar un equipo eléctrico y realiza un trabajo. Por ejemplo, la energía que entrega el eje de un motor cuando pone en movimiento un mecanismo o maquinaria, la del calor que proporciona la resistencia de un calentador eléctrico, la luz que proporciona una lámpara, etc.

Por otra parte, la “potencia activa” es realmente la “potencia contratada” en la empresa eléctrica y que nos llega a la casa, la fábrica, la oficina o cualquier otro lugar donde se necesite a través de la red de distribución de corriente alterna. La potencia consumida por todos los aparatos eléctricos que utilizamos normalmente, la registran los contadores o medidores de electricidad que instala dicha empresa para cobrar el total de la energía eléctrica consumida cada mes.

$$P_3\varphi = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \cdot \cos\Phi$$

2.3.10.2. Potencia reactiva

La potencia reactiva es la que consumen los motores, transformadores y todos los dispositivos o aparatos eléctricos que poseen algún tipo de bobina o enrollado para crear un campo electromagnético. Esas bobinas o enrollados que forman parte del circuito eléctrico de esos aparatos o equipos constituyen cargas para el sistema eléctrico que consumen tanto potencia activa como potencia reactiva y de su eficiencia de trabajo depende el factor de potencia. Mientras más bajo sea el factor de potencia, mayor será la potencia reactiva consumida. Además, esta potencia reactiva no produce ningún trabajo útil y perjudica la transmisión de la energía a través de las líneas de distribución eléctrica. La unidad de medida de la potencia reactiva es el VAR y su múltiplo es el kVAR (kilovolt-amper-reactivo).

$$Q_3\varphi = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \cdot \sin\Phi$$

2.3.10.3. Potencia aparente

La potencia aparente o potencia total es la suma de la potencia activa y la aparente. Estas dos potencias representan la potencia que se toma de la red de distribución eléctrica, que es igual a toda la potencia que entregan los generadores en las plantas eléctricas. Estas potencias se transmiten a través de las líneas o cables de distribución para hacerla llegar hasta los consumidores, es decir, hasta los hogares, fábricas, industrias, etc.

$$S_3\varphi = \sqrt{3} \cdot I \cdot V$$

2.3.11. Potencia contratada y potencia demandada

Ya vimos que la “potencia contratada” (la que contratamos en la empresa eléctrica), es la potencia activa, que debe coincidir o ser superior a la suma total de toda la carga en kilowatt (kW) instalada en una casa, fábrica, industria, empresa, etc. Ahora bien, la “potencia demandada” es la que realmente se consume, que puede ser menor, igual o mayor que la contratada.

2.3.12. Factor de potencia

Un motor consume, a la vez, potencia activa, que se convierte en trabajo mecánico, y potencia reactiva, necesaria para la magnetización pero que no realiza ningún trabajo.

Juntas, la potencia activa y la reactiva, representadas en el diagrama (abajo) por P y Q, proporcionan la potencia aparente S.

2.3.13. Tensión y frecuencia

Para mejorar resultados, los motores eléctricos de inducción den funcionar con su tensión y frecuencia normal. Estos valores se indican siempre en la placa del motor.

Sin embargo, se permite alguna variación de los valores normales, siendo los límites para el voltaje aproximadamente 10%, y los límites para la frecuencia 5%, ambos en uno u otro sentido.

Nunca debe de variarse simultáneamente el voltaje y la frecuencia en dirección opuesta, o variarse ambas al mismo tiempo hacia los límites extremos permitidos.

Con cualquier variación, ya sea del voltaje o de la frecuencia, se producirán cambios en las características normales de funcionamiento de acuerdo con lo siguiente.

2.3.14. Puesta a tierra de la instalación

El objetivo de la puesta a tierra es limitar la tensión que puede aparecer en las masas metálicas debido a un defecto de aislante y asegurar el correcto funcionamiento de las protecciones. Consiste en una unión metálica directa entre determinados elementos de

una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo. Mediante esta conexión se consigue que no existan diferencias de potencial peligrosas en el conjunto de instalaciones, caseta y superficie próxima al terreno. Además, la puesta a tierra permite el paso de corrientes de descarga de origen atmosférico.

Partes de la instalación de puesta a tierra:

- ✓ Terreno: Absorbe las descargas
- ✓ Tomas de tierra: Elementos de unión entre terreno y circuito. Están formados por electrodos colocados en el terreno que se unen, mediante una línea de enlace con tierra, en los puntos de puesta a tierra.
- ✓ Línea principal de tierra: Une los puntos de puesta a tierra con las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de todas las masas.
- ✓ Derivaciones de las líneas principales de tierra: Uniones entre la línea principal de tierra y los conductores de protección.
- ✓ Conductores de protección: Unión entre las derivaciones de la línea principal de tierra y las masas, con la finalidad de proteger contra los contactos indirectos.

Esta resistencia aumenta, por consiguiente aumenta el desgaste de fuerza, es decir, la caída de tensión. Podríamos decir que la caída de tensión de un conductor viene determinada por la relación que existe entre la resistencia que ofrece este al paso de la corriente, la carga prevista en el extremo más lejano del circuito y el tipo de tensión que se aplicará a los extremos.

2.3.15. Rendimiento

Se define como rendimiento de un equipo a la relación entre la potencia (activa) que entrega (potencia útil) a la potencia (activa) que absorbe (potencia absorbida). Rendimiento medido: es aquel que se calcula por medio de la medición de la potencia activa entregada y la potencia activa absorbida, cuya expresión es la que vimos:

$$n_{\%} = \frac{P_{util}}{P_{absorbida}} * 100$$

2.3.16. Pérdida por efecto joule

Ciertamente, si yo quiero alimentar a un receptor que consume una potencia P, que tiene un factor de potencia fijo, cos (φ), a una tensión dada, las pérdidas de energía (P(P,T)) en la línea por efecto joule serán:

Para el sistema trifásico:

$$P_{P.T} = 3 R_T I_T^2 = \frac{3\rho L}{S_T} I_T^2$$

CAPITULO III

3.1. MARCO METODOLÓGICO

3.1.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1.1. *Tipo*

El presente trabajo de investigación es descriptivo, Este tipo de estudio a menudo se realiza antes de llevar a cabo un experimento o proyecto de ingeniería, para saber específicamente qué cosas manipular e incluir en el experimento. Se define un estudio descriptivo como cualquier estudio que no es verdaderamente experimental.

3.1.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.1.2.1. *Geografía del Perú*

El Perú se encuentra situado en la parte central y occidental de América del Sur (UTM N7970840.422; E552505.422; zona 17, 18). Está conformado por un territorio de una superficie continental de 1.285.215,60 km² de superficie, lo que representa el 0.87% del planeta, que se distribuyen en región costera 136.232,85 km² (10,6%), región andina 404.842,91 km² (31,5%) y región amazónica 754.139,84 km² (57,9%); el extremo septentrional del territorio peruano se encuentra el río Putumayo a 0°02'00" latitud sur, el extremo meridional se encuentra a orillas del mar en Tacna a 18°21'03" latitud sur; el extremo oriental está en el río Heath en Madre de Dios a 68°39'00" longitud oeste y el extremo occidental se encuentra en Punta Balcones en Piura a 81°19'35".



Mapa Solar de Latinoamérica (CENSOLAR).

Ilustración 31

3.1.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.3.1. *Métodos*

- **Guías de observación:** mediante guías de observación se analizó el trabajo de investigación a realizar en la zona de estudio del sistema fotovoltaico.
- **Recolección de documentos:** fue muy necesario realizar una recolección de documentación referente al trabajo de investigación.
- **Análisis de documentos:** se analizaron los diferentes documentos más relevantes.
- **Selección de documentos:** documentos con los cuales se realizó el trabajo incluyendo normas así como método teóricos y prácticos.

3.1.3.2. *Técnicas*

- **Medición:** técnica necesaria para nuestro trabajo de investigación.
- **Técnicas avanzadas de estadística mediante software y cálculo:**
 - ✓ **Media aritmética:** Es una medida de tendencia central y a la vez es una medida descriptiva. Se simboliza como \bar{X} . Es la suma de todos los valores de una muestra dividida por el número de registros.
 - ✓ **Desviación estándar muestra:** Es medida en el cuadrado de las unidades observadas al hacer las mediciones contenidas en la muestra. Para devolverse a una estadística que use las mismas unidades que las observaciones, es necesario calcular su raíz cuadrada.
 - ✓ **Desviación absoluta media (DAM):** La desviación absoluta media DAM mide la precisión del pronóstico al promediar las magnitudes de los errores de pronóstico.
- **Gráficos de análisis mediante Excel.**
- **Cálculo y análisis matemático.**

3.1.4. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS

En nuestro trabajo de investigación se utilizó:

- **Tablas de control:** estas hojas de datos de irradiación solar por parte de NASA Surface meteorology and Solar Energy (SSE) y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), así como tablas por parte de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (FACFYM).
- **Tablas de velocidad de viento y temperaturas**
- **Software:** se utilizó el software MaxDesign Setup 3.5.1418.1 por parte del fabricante del inversor solarmax, así como el software Censol 4.0 del Centro de Estudios de la Energía Solar (Censolar). Global Mapper 16 (64-bit), autocad y Google Earth Pro.
- **Guías de observación estadístico:** pveducation.org, para las horas de irradiación solar durante el día.
- **Laptop:** computadora portátil para realizar el diseño y análisis de cálculos.
- **GPS Garmin:** necesario para las coordenadas y mediciones básicas.
- **Normas nacionales e internacionales:** normas para el diseño de sistemas fotovoltaicos.

3.1.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

3.1.5.1. *Análisis estadístico*

3.1.5.1.1. Evaluación de la energía solar en el Perú

El planeamiento de la utilización de la energía solar es uno de los importantes usos de los datos de radiación y en la actualidad se ha incrementado el interés por conocer la disponibilidad de este recurso a nivel nacional con el fin de que sirva de base para la aplicación de tecnologías que utilizan la energía solar como fuente de energía. El planeamiento comprende la estimación del rendimiento futuro del equipo solar, lo cual comúnmente se conoce como evaluación del recurso. En su forma más simple, ello comprendería la estimación de la radiación global horizontal anual y mensual sobre una región particular y decidir, por ejemplo, si sobre esa base es viable el servicio de calentamiento de agua doméstica o un sistema fotovoltaico autónomo. En tal sentido, el Atlas de Energía Solar del Perú, elaborado por el Ministerio de Energía y Minas conjuntamente con el SENAMHI, representa una respuesta a la urgente necesidad por impulsar el uso masivo de la energía solar proporcionando la información necesaria sobre la disponibilidad así como de la distribución de este recurso en nuestro territorio

- **Tesis realizada por Cesar Augusto Kadono Nakamura.** Para optar el título de Ingeniero Mecánico Electricista en el PAIME-UNI, 1972; basado en la evaluación de la irradiación diaria media anual de 76 estaciones meteorológicas a nivel nacional. Se puede apreciar que en Chachapoyas, Amazonas en el año de 1972 el valor de la irradiación diaria media anual era de 5.45 kWh/m².

Tabla 1

Nº	Departamento	Estación	IRRADIACION DIARIA MEDIA ANUAL kWh/m ²
1	Loreto	Guayabamba	4.47
2	Ucayali	Neshuya	4.48
3	Madre de Dios	Fundo Iberia	4.52
4	Junin	San Ramón	4.50
5	Ucayali	San Jorge	4.56
6	Ucayali	Yurac	4.32
7	Piura	Tablazo	5.13
8	Lambayeque	Granja M. Sasape	5.32
9	Lambayeque	Tinajones	5.36
10	Lambayeque	Hda Pucalá	5.35
11	Lambayeque	Cayaltí	5.11
12	La Libertad	Casa Grande	4.80
13	La Libertad	Cartavio	4.86
14	Tumbes	Los Cedros	4.86
15	Tumbes	Zorritos	4.94
16	Piura	Tejedores	4.99
17	Ancash	San Jacinto	4.90
18	Cajamarca	Llama	6.30
19	Ancash	San Lorenzo	5.56
20	Lima	Don Martin	4.22

Irradiación solar en el Perú – 1972.

- **Estimación de la Energía Solar en el Perú” por el Ing. J. W. Vásquez.** Publicado en la Revista Energética (OLADE) en 1987, muestra la valuación de la irradiación diaria media anual en 64 estaciones meteorológicas a nivel nacional. Se puede apreciar que en Amazonas el año de 1987 el valor de la irradiación diaria media anual era de 5.60 kWh/m².

Tabla 2

J. W. VÁSQUEZ - P. LLOYD UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, LIMA, PERU UNIVERSITY COLLEGE CARDIFF, WALES, GREAT BRITAIN				IRRADIACION DIARIA MEDIA ANUAL kWh/m ²
Nº	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO/LOCALIDAD	
1	TUMBES	TUMBES	CORRALES	4.479
2	PIURA	TALARA	EL ALTO	4.046
3	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	4.983
4	PIURA	PIURA	EL TABLAZO	5.109
5	PIURA	PAITA	SAN JACINTO	4.646
6	PIURA	MORROPON	CHULUCANAS	4.779
7	PIURA	PIURA	CASTILLA	5.128
8	PIURA	HUANCABAMBA	HUANCABAMBA	6.672
9	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	4.862
10	LAMBAYEQUE	CHICLAYO	CAYALTI	5.446
11	LA LIBERTAD	ASCOPE	CASAGRANDE	4.416
12	LA LIBERTAD	ASCOPE	CARTAMIO	4.768
13	LA LIBERTAD	TRUJILLO	LAREDO	4.275
14	LA LIBERTAD	TRUJILLO	TRUJILLO	4.744
15	LA LIBERTAD	TRUJILLO	GUANAPE NORTE VIRU	4.533
16	ANCASH	SANTA	NEPENA	5.159
17	ANCASH	HUARAZ	HUARAZ	5.138
18	ANCASH	HUARMAY	PUNTA LAS ZORRAS	5.087
19	LIMA	BARRANCA	PARAMONGA	3.832
20	LIMA	CHANCAY	POMMACANA	4.270
21	LIMA	CHANCAY	ANDAHUASI - SAYAN	5.139
22	LIMA	CHANCAY	HOMAYA - HUADRA	4.681
23	LIMA	LIMA	JESUS MARIA	3.811
24	LIMA	LIMA	LA MOLINA	3.371
25	LIMA	CANETE	SAN VICENTE DE CAÑETE	4.294
26	ICA	CHINCHA	CHINCHA ALTA	4.199
27	ICA	ICA	CAUCATO	4.754
28	ICA	ICA	MANRIQUE	4.523
29	ICA	ICA	ICA	4.894
30	ICA	ICA	PARCONA	5.040
31	ICA	NAZCA	HDA. MAJORO	5.024
32	ICA	NAZCA	MARCONA	4.941
33	AREQUIPA	CAILLONA	SIBAYO	4.940
34	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	5.313
35	AREQUIPA	AREQUIPA	CHARACAYO	5.322
36	AREQUIPA	AREQUIPA	PAMPA DE MAJES	5.610
37	MOQUEGUA	MARISCAL NIETO	MOQUEGUA	5.363
38	TACNA	TARATA	PAUCARANI	5.406
39	TACNA	TACNA	CALANA	4.991
40	CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	4.467
41	HUANUCO	LEONCIO PRADO	TINGO MARIA	4.016
42	HUANUCO	HUANUCO	HUANUCO	4.515
43	JUNIN	CHANCHAMAYO	HUMAYA	4.654
44	JUNIN	CHANCHAMAYO	SAN RAMON	3.981
45	JUNIN	HUANCAYO	HUACHAC	4.872
46	HUANCAYO	CASTRO - VIRREY	ACONOCOCCHA	4.580
47	AYACUCHO	HUAMANGA	AYACUCHO	4.889
48	APURIMAC	ABANCAY	ABANCAY	4.749
49	CUZCO	LA CONVENCION	SANTA ANA	4.006
50	CUZCO	CUZCO	SAN JERONIMO	4.691
51	PUNO	HUANCANÉ	HUARAYA	5.161
52	PUNO	PUNO	PUNO	5.190
53	PUNO	CHUCUITO	JULI	5.048
54	AMAZONAS	BAGUA	EL CENEPA	2.885
55	AMAZONAS	BAGUA	HDA. VALOR	4.493
56	SAN MARTIN	SAN MARTIN	JUAN GUERRA	3.963
57	LORETO	MAYNAS	IKUITOS	3.727
58	LORETO	REQUENA	REQUENA	3.863
59	LORETO	ALTO AMZONAS	SANTA MARIA	3.560
60	LORETO	ALTO AMZONAS	YURIMAGUAS	4.143
61	LORETO	UCAYALI	NESHUAYA	2.505
62	UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	4.015
63	UCAYALI	ATALAYA	YURAC - YURHA	3.137
64	MADRE DE DIOS	TANQAMANU	IBERIA	3.876

Irradiación solar en el Perú – 1987.

- **Atlas de Energía Solar del Perú (SENAMHI).** Publicado en convenio con la Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas (DEP-MEM) en 2003. Se puede apreciar que en Chachapoyas, Amazonas en el año de 2003 el valor de la irradiación diaria media anual era de 4.67 kWh/m².

Tabla 3

CIUDAD CAPITAL DE DEPARTAMENTO	ENERGIA SOLAR DIARIA PROMEDIO ANUAL kWh/m ²
TUMBES	5.67
PIURA	5.54
CHICLAYO	5.50
TRUJILLO	5.13
HUARAZ	5.29
LIMA	5.13
ICA	5.50
AREQUIPA	6.08
MOQUEGUA	6.04
TACNA	5.83
PUNO	5.21
CUSCO	5.17
ABANCAY	5.13
AYACUCHO	5.17
HUANCAVELICA	5.33
HUANCAYO	5.33
CERRO DE PASCO	5.46
HUNUCO	4.83
CAJAMARCA	5.25
CHACHAPOYAS	4.67
MOYOBAMBA	4.67
IQUITOS	4.42
PUCALLPA	4.63
PUERTO MALDONDO	4.79

Irradiación solar en el Perú – 2003.

- **Datos obtenidos de la NASA.-**

GEOMETRIA SOLAR:

[SSE
Homepage](#)

[Find A Different Location](#)

[Accuracy](#)

[Methodology](#)

[Parameters
\(Units & Definition\)](#)



NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables



Latitude **-6.267** / Longitude **-77.717** was chosen.

Geometry Information

Elevation: 1471 meters
taken from the
NASA GEOS-4
model elevation

Northern boundary
-6
Center
Latitude -6.5
Longitude -77.5
Western boundary
-78
Eastern boundary
-77
Southern boundary
-7

Ilustración 32

Tabla 4

Promedio mensual de horas de luz (horas)												
Lat -6.267 Lon -77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Promedio	12.4	12.2	12.1	11.9	11.8	11.7	11.7	11.9	12.0	12.2	12.4	12.4

Tabla 5

Horas de luz solar promediadas mensualmente (horas) Declinación promediada mensual (grados)												
Lat -6.267 Lon -77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Promedio	-20.7	-12.3	-1.8	9.70	18.8	23.0	21.2	13.7	3.09	-8.45	-18.1	-22.8

Tabla 6

Ángulo solar máximo promediado mensual relativo al horizonte (grados)												
Lat -6.267 Lon -77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Promedio	75.4	83.8	85.5	74.0	64.9	60.6	62.5	69.9	80.6	87.8	78.0	73.3

Parámetros para paneles solares inclinables:

Tabla 7

Incidente de radiación promedio mensual en una superficie inclinada con punta ecuatorial (kWh / m² / día)													
Lat -6.267 Lon -77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio Anual
SSE HRZ	4.45	4.23	4.32	4.30	4.38	4.38	4.42	4.59	4.78	4.76	5.04	4.75	4.53
K	0.41	0.39	0.41	0.43	0.48	0.51	0.50	0.48	0.47	0.44	0.47	0.44	0.45
Diffuse	2.32	2.36	2.32	2.11	1.86	1.71	1.76	1.96	2.20	2.36	2.30	2.28	2.13
Direct	3.11	2.65	2.82	3.21	3.91	4.31	4.21	3.94	3.67	3.40	3.97	3.65	3.58
Tilt 0	4.38	4.17	4.26	4.26	4.33	4.34	4.37	4.55	4.72	4.69	4.96	4.67	4.48
Tilt 6	4.43	4.18	4.26	4.32	4.47	4.52	4.54	4.65	4.74	4.70	5.01	4.74	4.55
Tilt 21	4.41	4.09	4.12	4.33	4.66	4.82	4.80	4.75	4.66	4.57	4.99	4.76	4.58
Tilt 90	2.20	1.86	1.69	2.20	2.83	3.20	3.06	2.59	1.98	1.86	2.34	2.41	2.35
OPT	4.44	4.18	4.26	4.35	4.68	4.89	4.84	4.75	4.75	4.70	5.03	4.78	4.64
OPT ANG	12.0	6.00	2.00	15.0	26.0	32.0	30.0	20.0	7.00	4.00	12.0	15.0	15.1
NOTA:	La radiación difusa, la radiación directa directa y la radiación de la superficie inclinada no se calculan cuando el índice de claridad (K) es inferior a 0,3 o superior a 0,8.												

Parámetros para dimensionar la batería u otros sistemas de almacenamiento de energía:

Tabla 8

Déficits de radiación solar por debajo de los valores esperados Incidente en una superficie horizontal durante un período de días consecutivos (kWh / m²)												
Lat -6.267	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

Lon - 77.717												
1 Día	4.11	3.06	3.53	2.06	2.72	2.18	2.52	3.09	2.98	3.01	3.33	2.75
3 Días	10.1	6.77	5.87	4.68	5.28	5.22	5.72	7.14	5.56	5.65	6.36	6.36
7 Días	14.4	12.5	12.9	7.32	8.40	9.86	10.8	12.7	10.2	10.6	11.4	13.2
14 Días	18.1	17.4	21.9	11.1	13.9	13.3	17.5	18.7	14.8	15.0	19.2	21.0
21 Días	22.2	21.1	23.6	11.1	17.3	16.3	21.0	20.4	19.5	19.0	20.8	22.7
1 Mes	23.2	21.5	19.2	11.9	16.1	14.6	30.6	17.3	20.7	22.3	24.9	23.2

Tabla 9

Cantidad equivalente de NO-SUN o DÍAS NEGROS (días)												
Lat -6.267 Lon -77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1 Día	0.92	0.72	0.81	0.47	0.62	0.49	0.57	0.67	0.62	0.63	0.66	0.57
3 Días	2.27	1.60	1.35	1.08	1.20	1.19	1.29	1.55	1.16	1.18	1.26	1.33
7 Días	3.24	2.96	3.00	1.69	1.92	2.25	2.46	2.76	2.14	2.23	2.27	2.79
14 Días	4.06	4.11	5.07	2.57	3.19	3.04	3.97	4.07	3.10	3.15	3.81	4.42
21 Días	5.00	4.99	5.46	2.58	3.95	3.72	4.75	4.44	4.09	4.00	4.14	4.79
1 Mes	5.22	5.09	4.44	2.78	3.68	3.35	6.94	3.77	4.33	4.68	4.94	4.89

Información de la nube diurna:

Tabla 10

Cantidad mensual en la nube de luz diurna (%)													
Lat - 6.267 Lon - 77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio Anual
22-Año Promedio	80.1	81.5	81.8	77.7	70.5	64.3	65.1	67.7	74.9	79.7	77.4	80.1	75.0

Tabla 11

Cantidad de nubes promediada mensual en horas GMT indicadas (%)												
Lat -6.267 Lon -77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Average@00	65.4	68.8	69.2	59.8	52.8	51.4	52.5	56.4	64.9	63.1	65.2	66.8
Average@03	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Average@06	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Average@09	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Average@12	65.8	63.5	66.2	58.3	49.1	36.7	37.5	42.3	56.4	66.8	65.4	70.3

Average@15	81.5	84.0	83.2	80.1	70.8	66.3	64.5	66.4	75.2	79.6	76.9	80.3
Average@18	86.7	89.7	88.7	87.2	82.2	78.8	80.0	82.7	85.4	87.5	83.7	85.8
Average@21	86.3	88.8	89.0	85.1	80.0	75.6	78.3	79.3	82.7	85.1	83.8	83.9

Tabla 12

Frecuencia Promedio Mensual de Cielos Claros en Tiempos GMT Indicados (%)												
Lat -6.267 Lon - 77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
< 10% @0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
< 10% @3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
< 10% @6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
< 10% @9	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
< 10% @12	8.50	5.85	7.57	11.5	13.7	n/a	n/a	23.5	12.5	5.13	8.64	6.16
< 10% @15	2.35	1.45	1.47	1.36	4.55	6.82	8.94	8.36	3.18	1.61	5.61	3.08
< 10% @18	1.17	0.16	0.44	0.15	0.44	1.52	1.91	1.61	0.30	0.28	2.88	1.47
< 10% @21	0.73	0.00	0.28	0.00	0.73	1.36	1.91	2.04	0.30	0.44	0.91	1.47

Tabla 13

Frecuencia promedia mensual de cielos nublados en momentos GMT indicados (%)												
Lat -6.267 Lon -77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
10 - 70% @0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
10 - 70% @3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
10 - 70% @6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
10 - 70% @9	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
10 - 70% @12	33.1	38.0	35.8	42.2	47.8	n/a	n/a	48.2	42.2	36.3	33.9	29.6
10 - 70% @15	19.0	15.2	16.2	21.5	31.9	37.1	36.5	34.4	28.7	23.9	21.0	18.1
10 - 70% @18	10.1	6.91	9.09	10.1	19.6	24.2	21.5	17.1	13.6	8.94	12.8	12.9
10 - 70% @21	11.4	7.07	8.36	13.1	21.9	29.0	23.6	22.2	17.2	14.9	15.0	14.5

Tabla 14

Frecuencia promedio mensual de cielos casi cubiertos en tiempos GMT indicados (%)												
Lat -6.267 Lon -77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
>= 70% @0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
>= 70% @3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
>= 70% @6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
>= 70% @9	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
>= 70% @12	58.3	56.1	56.6	46.2	38.4	n/a	n/a	28.2	45.1	58.5	57.4	64.2
>= 70% @15	78.5	83.2	82.2	77.1	63.4	56.0	54.5	57.1	68.0	74.4	73.3	78.7
>= 70% @18	88.7	92.9	90.4	89.7	79.9	74.2	76.5	81.2	86.0	90.7	84.2	85.6
>= 70% @21	87.8	92.9	91.3	86.8	77.2	69.5	74.4	75.6	82.4	84.6	84.0	84.0

Meteorología (temperatura):

Tabla 15

Temperatura del aire promedio mensual a 10 m por encima de la superficie de la tierra (° C)													
Lat -6.267 Lon -77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Año Promedio
22-Año Promedio	19.4	18.7	18.9	18.4	18.0	17.6	17.2	18.2	19.6	20.5	20.5	19.9	18.9
Mínimo	16.4	15.9	16.1	15.3	14.3	13.2	12.4	13.0	14.7	16.0	16.4	16.6	15.0
Máximo	22.7	21.9	22.2	21.8	22.0	22.1	22.4	23.7	24.7	25.3	24.8	23.5	23.1

Tabla 16

Rango de temperatura promedio diario (° C)													
Lat -6.267 Lon -77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
22- Año Promedio	6.35	6.02	6.13	6.53	7.71	8.93	10.0	10.6	10.0	9.27 *	8.38	6.89	

*** El mes más cálido**

Tabla 17

Promedio mínimo, máximo y amplitud de la temperatura media diaria de la tierra (° C)													
Lat - 6.267 Lon - 77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Amplitud Anual
Mínimo	16.0	15.6	15.7	15.1	13.8	12.3	11.0	11.6	13.5	15.2	16.1	16.3	
Máximo	30.3	28.5	29.1	28.7	29.6	30.3	31.2	33.7	35.8	37.0	35.6	32.2	
Amplitud	7.13	6.44	6.66	6.80	7.89	8.98	10.1	11.0	11.1	10.8	9.77	7.95	13.0

Tabla 18

Promedio mensual de días de helada (días)													
Lat -6.267 Lon -77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Suma Anual
22- Año Promedio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Los datos de temperatura pueden ser la tasa de caída ajustada para las diferencias en la elevación en su sitio frente al promedio regional sobre el cual se desarrolló el conjunto de datos.

Meteorología (Viento):

Tabla 19

Velocidad de viento promedio mensual a 50 m por encima de la superficie de la Tierra (m / s)													
Lat - 6.267 Lon - 77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio Anual
10-Año promedio	2.39	2.42	2.33	2.72	3.00	3.78	3.67	3.67	3.36	2.75	2.75	2.42	2.94

Tabla 20

Diferencia mínima y máxima de la velocidad del viento promedio mensual a 50 m (%)													
Lat - 6.267 Lon - 77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio Anual
Mínimo	-17	-21	-21	-15	-20	-10	-10	-11	-21	-13	-15	-13	-16
Máximo	21	28	12	14	17	14	16	8	15	15	19	24	17

Tabla 21

Promedio mensual del porcentaje de tiempo La velocidad del viento a 50 m por encima de la superficie de la Tierra está dentro del rango indicado (%)													
Lat - 6.267 Lon - 77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio Anual
0 - 2 m/s	56	52	56	40	30	13	17	19	28	46	47	56	38
3 - 6 m/s	44	48	44	60	70	87	83	81	72	54	53	44	62
7 - 10 m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 - 14 m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 - 18 m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 - 25 m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Meteorología (Otro):

Tabla 22

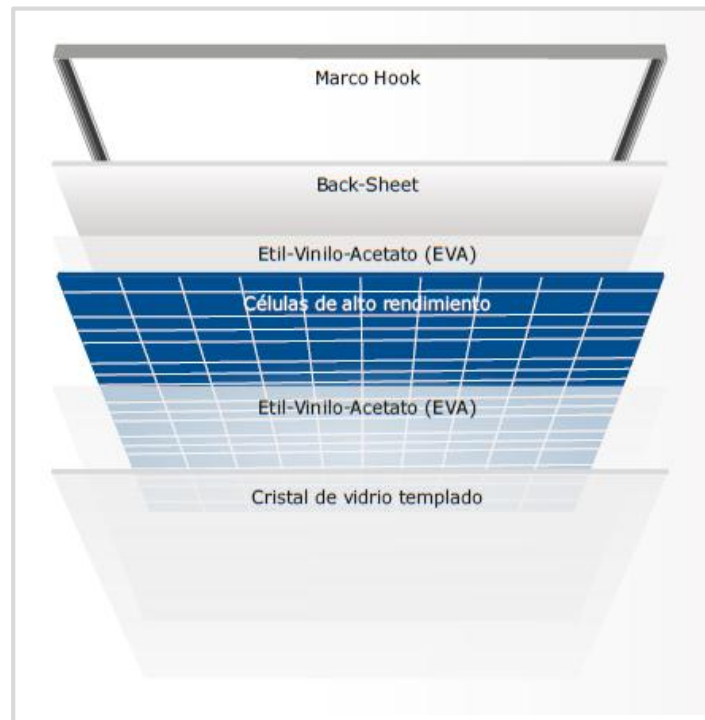
Presión atmosférica promediada mensual (kPa)													
Lat - 6.267 Lon - 77.717	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio anual
22- Año promedio	85.3	85.4	85.3	85.4	85.5	85.6	85.6	85.6	85.5	85.4	85.3	85.3	85.4

- Información técnica del producto**

Panel solar 310W monocristalino 24 voltios, está compuesto por un cristal que se caracteriza por tener un elevado nivel de transmisividad, lo que permite aprovechar toda la luz proyectada por el sol. En una capa inferior del panel solar 310W Monocristalino 24 voltios nos encontramos uno de los mejores encapsulantes que se pueden instalar en el módulo solar (EVA) etil-viniloacetato modificado, parte esencial en la fabricación del panel solar 310W Monocristalino 24 voltios. El marco

del panel solar 310W Monocristalino 24 voltios está fabricado en aluminio con un sistema de fijación Hook únicos en los paneles solares de Atersa.

- ✓ Ultra tolerancia positiva - 0/ +5wp.
- ✓ Ultracalidad - Anti hot-spot.
- ✓ Ultrafiabilidad - En el mercado desde 1979.
- ✓ Ultraresistencia - Cristal templado de 4 mm.
- ✓ Ultrates - Verificación eléctrica célula a célula.
- ✓ Made in Spain.

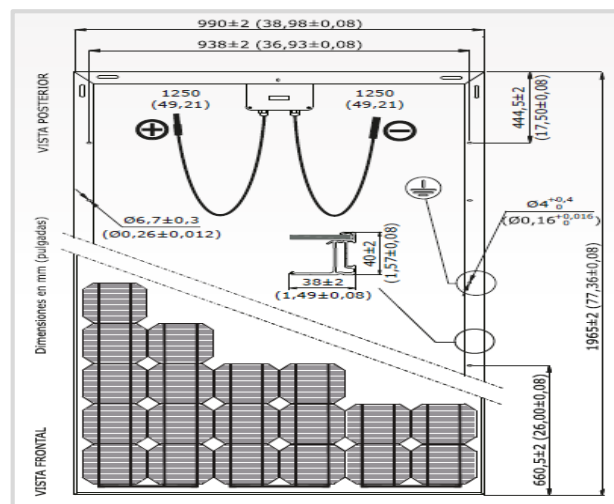


Niveles en el Módulo Solar Ultra A-310M.

Ilustración 33

- **Medidas**

Vista genérica de la construcción de un módulo fotovoltaico.



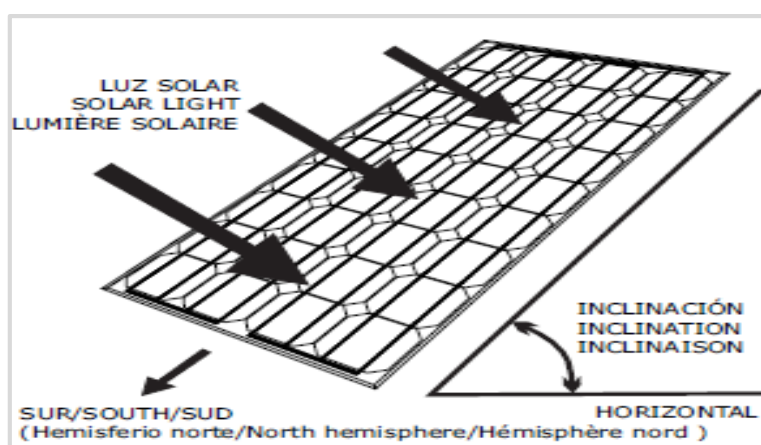
Vista frontal y posterior.

Ilustración 34

Tabla 23

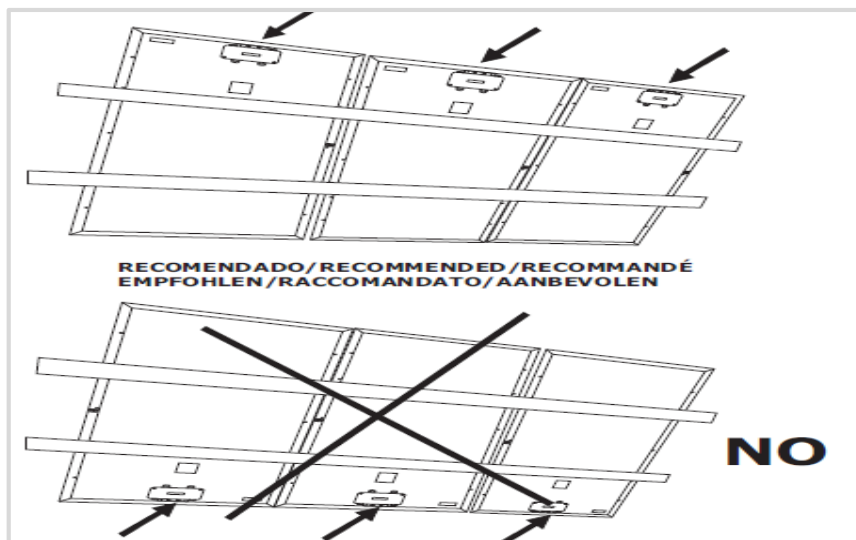
Características eléctricas (STC: 1kW/m², 25°C±2°C y AM 1,5)*			
	A-305M	A-310M	A-315M
Potencia Nominal (0/+5 W)	305 W	310 W	315 W
Eficiencia del módulo	15,68%	15,94%	16,19%
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	8,31 A	8,40 A	8,49 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	36,71 V	36,91 V	37,10 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,84 A	8,92 A	9,00 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	44,89 V	45,15 V	45,41 V
Parámetros térmicos			
Coeficiente de Temperatura de Isc (α)		0,03% /°C	
Coeficiente de Temperatura de Voc (β)		-0,34% /°C	
Coeficiente de Temperatura de P (γ)		-0,43% /°C	
Características físicas			
Dimensiones (mm ± 2 mm)	1965x990x40		
Peso (kg)	24		
Área (m²)	1,95		
Tipo de célula	Monocristalina 156x156 mm (6 pulgadas)		
Células en serie	72 (6x12)		
Cristal delantero	Cristal templado ultra claro de 4 mm		
Marco	Aleación de aluminio pintado en poliéster		
Caja de conexiones / Opcional	QUAD IP54 / QUAD IP65		
Cables	Cable Solar 4 mm² 1250 mm		
Conectores	MC4 o combinable MC4		
Rango de funcionamiento			
Temperatura	-40°C a +85°C		
Máxima Tensión del Sistema / Protección	1000 V / CLASS II		
Carga Máxima Viento / Nieve	2400 Pa (130 km/h) / 5400 Pa (551 kg/m²)		
Máxima Corriente Inversa (IR)	15,1 A		

Características del Módulo Ultra A-310M.



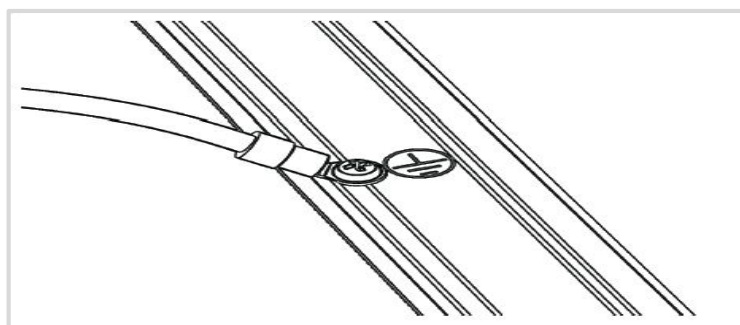
Inclinación de los paneles solares.

Ilustración 35



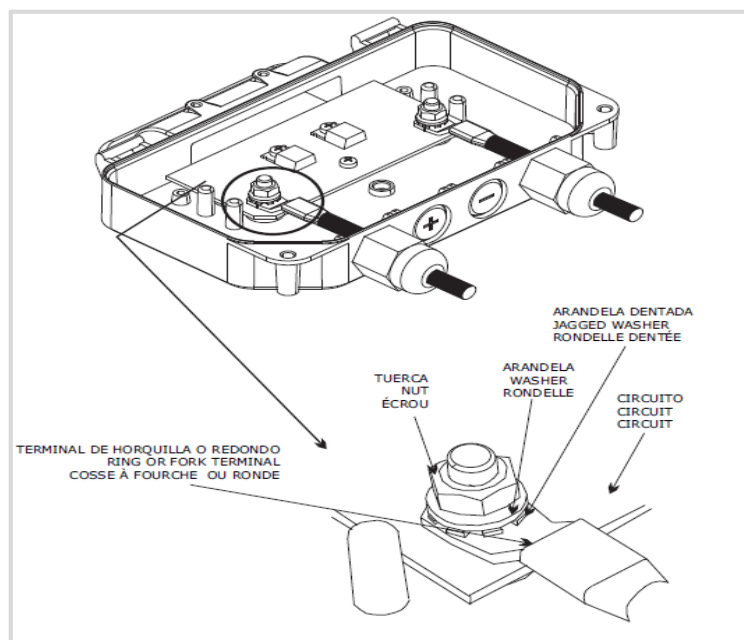
Posición recomendada de caja de bornes.

Ilustración 36



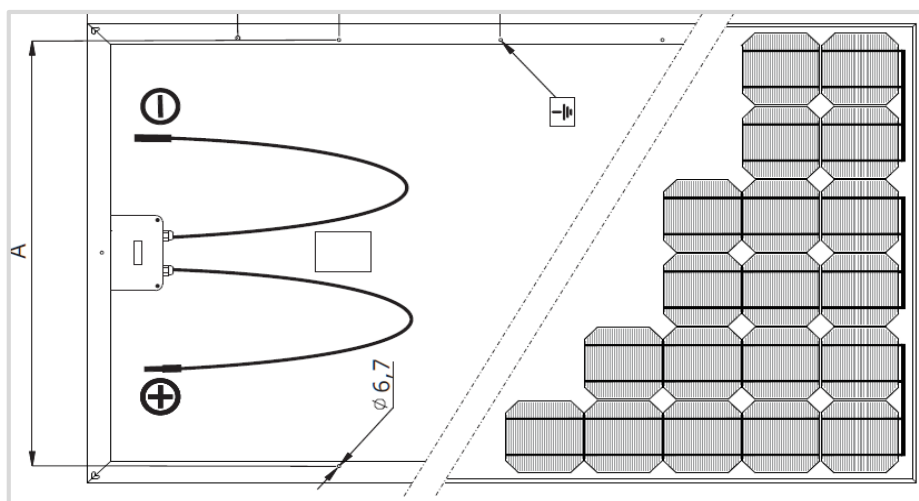
Conexión a tierra en marco de panel solar.

Ilustración 37



Caja de bornes y cables CC.

Ilustración 38



Componentes del panel solar instalados.

Ilustración 39

Se muestra más detallada la instalación de los paneles solares ATERSA en anexos (Instalación de Paneles Solares ATERSA).

3.1.5.1.1.1. Inversor CC/CA Solarmax

Con la idea de convertir la energía obtenida de la luz solar en corriente alterna compatible con la red tres ambiciosos jóvenes ingenieros fundaron la empresa Sputnik Engineering AG en 1991. En la actualidad, es uno de los fabricantes líder en el mundo de inversores solares conectados a red y de soluciones adecuadas para la supervisión de instalaciones.

Los productos de la marca SolarMax se adecúan a cualquier campo de aplicación de las instalaciones fotovoltaicas, desde viviendas unifamiliares hasta centrales solares con potencias de megavatios. Se caracterizan por la calidad suiza: máxima eficiencia, seguridad en el funcionamiento y larga vida útil, además de un excelente servicio de posventa.



Marca del inversor.

Ilustración 40

3.1.5.1.1.2. Estructura solar

Como estructura de sostenimiento de los paneles solares, se ha elegido el modelo SolarLinea de la marca CONERGY.



Marca de la estructura.

Ilustración 41



Estructura conergy solarlinea.

Ilustración 42

- **Ficha técnica**

Tabla 24

Lugar de montaje	Suelo
Carga de viento	máx. 25 m/s ¹
Carga de nieve	máx. 0,8 kN/m ² ¹
Paneles laminados/ módulos	Con marco y sin marco
Distribución de los módulos	En fila, hasta 10 m aprox. por unidad de la estructura
Disposición de los módulos	Vertical
Ángulo de inclinación	Estandar 25° y 30° ²
Distancia borde inferior de los módulos y el suelo	Estandar 70 cm ²
Distancia entre postes	En función del tipo de laminado o módulo, y de las circunstancias del sitio (máx. 2 m de distancia entre ejes)
Normas	Eurocódigo 9: Diseño de estructuras de aluminio parte 1,1 y Documento Básico SE-AE
Material	Perfiles del bastidor de aluminio extrusionado EN AW 6060 / 6063 Postes sigma de acero galvanizado Piezas pequeñas de acero inoxidable (V2A)
Pinturas	Aluminio lacado blanco
Garantía	10 años en la resistencia de materiales

Ficha técnica estructura conergy solarlinea.

CAPITULO IV

4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1.1. Enfoque Cuantitativo

4.1.1.1. Población

La población según el INEI, censo del 2011, para las localidades de Lejía y Málaga, distrito de Soloco, Provincia de Chachapoyas, Región Amazonas, con tasa de crecimiento de 1.3 anual, teniendo las localidades en total de 174 habitantes que habitan 29 viviendas.

4.1.2. Enfoque Cualitativo.

4.1.2.1. Entrevista

La generación fotovoltaica es el tipo de energía eléctrica limpia e inagotable de tal manera que no contamina al medio ambiente, pero no ha sido bien difundida en nuestro país, hoy en día se están instalando sistemas fotovoltaicos domiciliarios en lugares alejados de las redes eléctricas.

4.1.3. Cálculo de variables de selección y dimensionamiento SFV.

4.1.3.1. Cálculo de máxima demanda

En el presente recuadro se realizó el cálculo de máxima demanda que representa las localidades de LEJIA Y MALAGA, DISTRITO DE SOLOCO, PROVINCIA DE CHACHAPOYAS, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS.

Tabla 25

CARGAS PARA EL DISEÑO FOTOVOLTAICO				
Equipos	Carga Unitaria (KW)	Cantidad	Tiempo de Uso (h/día)	Potencia Instalada (KW)
ILUMINACION LOTE	0.12	1.00	6.00	0.12
MINICOMPONENTE	0.03	1.00	2.00	0.03
LICUADORA	0.15	1.00	0.25	0.15
TELEVISION	0.16	1.00	4.00	0.16
IMPRESORA	0.10	1.00	0.25	0.10
COMPUTADORA	0.20	1.00	4.00	0.20
REFRIGERADORA	0.25	1.00	2.00	0.25
ALUMBRADO PUBLICO	0.08	1.00	6.00	0.08

Maxima Demanda (KW)	1.09
Demanda (KW/lote)	1.09

Tabla 26

CARGAS PARA EL DISEÑO FOTOVOLTAICO					
Equipos	Carga Unitaria (KW)	Cantidad	Tiempo de Uso (h/dia)	Potencia Instalada (KW)	Consumo (KWh/dia)
ILUMINACION LOTE	0.12	1.00	6.00	0.12	0.72
MINICOMPONENTE	0.03	1.00	2.00	0.03	0.06
LICUADORA	0.15	1.00	0.25	0.15	0.04
TELEVISION	0.16	1.00	4.00	0.16	0.64
IMPRESORA	0.10	1.00	0.25	0.10	0.03
COMPUTADORA	0.20	1.00	4.00	0.20	0.80
REFRIGERADORA	0.25	1.00	2.00	0.25	0.50
ALUMBRADO PUBLICO	0.08	1.00	6.00	0.08	0.49
Maxima Demanda (KW)				1.09	
Consumo de energia (KWh/dia)				3.27	
Consumo de energia (KWh/dia)*F.R(1.2)				3.92	
Consumo de energia (KWh/año)				1,431.60	
Consumo de energia (KWh/mes)				119.30	

4.1.3.2. Análisis de radiación

Se realizó un análisis detallado de la radiación solar y las horas solares existentes en las localidades de **LEJIA Y MALAGA, DISTRITO DE SOLOCO, PROVINCIA CHACHAPOYAS, REGION AMAZONAS**, tomando como referencia datos estadísticos que nos brindaron las siguientes instituciones dedicadas a brindar información sobre el comportamiento de la radiación solar en dicha localidad y estas son:

- Ministerio de Energía y Minas (MEM), el cual nos brindó el comportamiento mensual de la radiación solar en la región de Lambayeque.
- NASA meteorología de superficie y la energía solar, con su cuadro de insolación promedio mensual, entre otros factores de temperatura y velocidad de aire; según se detallan en los cuadros adjuntos.

Tabla 27

MES	TEMPERATURA DEL AIRE	HUMEDA RELATIVA	RADIACIÓN SOLAR DIARIA - HORIZONTAL	PRESIÓN ATMOSFÉRICA	VELOCIDAD DEL VIENTO	TEMPERATURA DE LA TIERRA
	°C	%	kWh/m2/d	KPa	m/s	°C
Enero	13.40	82.60%	4.97	94.40	3.06	29.50
Febrero	13.20	83.20%	4.97	94.30	2.86	28.60
Marzo	13.30	82.00%	4.79	94.30	2.84	28.40
Abril	12.50	79.00%	4.91	94.30	2.96	29.20
Mayo	11.30	72.00%	5.13	94.40	3.44	28.60
Junio	10.00	65.70%	5.14	94.40	4.15	27.20
Julio	9.73	56.40%	5.24	94.50	4.26	27.00
Agosto	10.90	52.60%	5.52	94.50	4.01	28.10
Septiembre	12.40	56.10%	5.60	94.40	3.83	29.90
Octubre	13.60	59.90%	5.59	94.40	3.31	30.70
Noviembre	13.90	67.00%	5.82	94.40	3.20	30.20
Diciembre	13.80	75.90%	5.37	94.30	3.18	29.90

Anual	12.3	69.30%	5.25	94.4	3.43	29
-------	------	--------	------	------	------	----

Medido en
(m)

50

Producción de energía anual a 5° de inclinación – Censolar (España).

Tabla 28

TABLA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ANUAL A 5° DE INCLINACIÓN - CENSOLAR (ESPAÑA)													
MESES	DÍAS	Irradiación W/m2	Gdm (5) Wh/m2 día	Gdm (5) kWh/m2 día	Gdm(5) kWh/m2 mes	Modulos n°	P(modulo) W	PR %	Pmp kWp	EP kWh/día	EP kWh/mes	P(p) Kw	Horas h día
ENERO	31	1000	5,064.00	5.06	156.98	1,152.00	310.00	80.00	357.12	1,446.76	44,849.70	285.70	5.06
	31	950	950.00	0.95	29.45	1,152.00	294.50	80.00	339.26	257.84	7,993.06	257.84	1.00
	31	900	900.00	0.90	27.90	1,152.00	279.00	85.00	321.41	245.88	7,622.19	245.88	1.00
	31	850	850.00	0.85	26.35	1,152.00	263.50	85.00	303.55	219.32	6,798.81	219.32	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE ENERO													7.06
FEBREO	28	1000	5,555.00	5.56	156.54	1,152.00	310.00	80.00	357.12	1,587.04	44,437.16	285.70	5.56
	28	950	950.00	0.95	26.60	1,152.00	294.50	80.00	339.26	257.84	7,219.54	257.84	1.00
	28	900	900.00	0.90	25.20	1,152.00	279.00	85.00	321.41	245.88	6,884.56	245.88	1.00
	28	850	850.00	0.85	23.80	1,152.00	263.50	85.00	303.55	219.32	6,140.86	219.32	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE FEBREO													7.56
MARZO	31	1000	5,555.00	5.56	172.21	1,152.00	310.00	80.00	357.12	1,587.04	49,198.28	285.70	5.56
	31	950	950.00	0.95	29.45	1,152.00	294.50	80.00	339.26	257.84	7,993.06	257.84	1.00
	31	900	900.00	0.90	27.90	1,152.00	279.00	85.00	321.41	245.88	7,622.19	245.88	1.00
	31	850	850.00	0.85	26.35	1,152.00	263.50	85.00	303.55	219.32	6,798.81	219.32	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE MARZO													7.56
ABRIL	30	1000	5,412.00	5.41	162.36	1,152.00	310.00	80.00	357.12	1,546.19	46,385.60	285.70	5.41
	30	950	950.00	0.95	28.50	1,152.00	294.50	80.00	339.26	257.84	7,735.22	257.84	1.00
	30	900	900.00	0.90	27.00	1,152.00	279.00	85.00	321.41	245.88	7,376.31	245.88	1.00
	30	850	850.00	0.85	25.50	1,152.00	263.50	85.00	303.55	219.32	6,579.49	219.32	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE ABRIL													7.41
MAYO	31	1000	5,236.00	5.24	162.32	1,152.00	310.00	80.00	357.12	1,495.90	46,373.03	285.70	5.24
	31	950	950.00	0.95	29.45	1,152.00	294.50	80.00	339.26	257.84	7,993.06	257.84	1.00
	31	900	900.00	0.90	27.90	1,152.00	279.00	85.00	321.41	245.88	7,622.19	245.88	1.00
	31	850	850.00	0.85	26.35	1,152.00	263.50	85.00	303.55	219.32	6,798.81	219.32	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE MAYO													7.24
JUNO	30	1000	4,778.00	4.78	143.34	1,152.00	310.00	80.00	357.12	1,365.06	40,951.66	285.70	4.78
	30	950	950.00	0.95	28.50	1,152.00	294.50	80.00	339.26	257.84	7,735.22	257.84	1.00
	30	900	900.00	0.90	27.00	1,152.00	279.00	85.00	321.41	245.88	7,376.31	245.88	1.00
	30	850	850.00	0.85	25.50	1,152.00	263.50	85.00	303.55	219.32	6,579.49	219.32	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE JUNO													6.78
JULIO	31	1000	4,521.00	4.52	140.15	1,152.00	310.00	80.00	357.12	1,291.63	40,040.58	285.70	4.52
	31	950	950.00	0.95	29.45	1,152.00	294.50	80.00	339.26	257.84	7,993.06	257.84	1.00
	31	900	900.00	0.90	27.90	1,152.00	279.00	85.00	321.41	245.88	7,622.19	245.88	1.00
	31	850	850.00	0.85	26.35	1,152.00	263.50	85.00	303.55	219.32	6,798.81	219.32	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE JULIO													6.52
AGOSTO	31	1000	4,817.00	4.82	149.33	1,152.00	310.00	80.00	357.12	1,376.20	42,662.13	285.70	4.82
	31	950	950.00	0.95	29.45	1,152.00	294.50	80.00	339.26	257.84	7,993.06	257.84	1.00
	31	900	900.00	0.90	27.90	1,152.00	279.00	85.00	321.41	245.88	7,622.19	245.88	1.00
	31	850	850.00	0.85	26.35	1,152.00	263.50	85.00	303.55	219.32	6,798.81	219.32	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE AGOSTO													6.82
SEPTIEMBRE	30	1000	5,028.00	5.03	150.84	1,152.00	310.00	80.00	357.12	1,436.48	43,094.38	285.70	5.03
	30	950	950.00	0.95	28.50	1,152.00	294.50	80.00	339.26	257.84	7,735.22	257.84	1.00
	30	900	900.00	0.90	27.00	1,152.00	279.00	85.00	321.41	245.88	7,376.31	245.88	1.00
	30	850	850.00	0.85	25.50	1,152.00	263.50	85.00	303.55	219.32	6,579.49	219.32	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE SEPTIEMBRE													7.03
OCTUBRE	31	1000	5,418.00	5.42	167.96	1,152.00	310.00	80.00	357.12	1,547.90	47,984.93	285.70	5.42
	31	950	950.00	0.95	29.45	1,152.00	294.50	80.00	339.26	257.84	7,993.06	257.84	1.00
	31	900	900.00	0.90	27.90	1,152.00	279.00	85.00	321.41	245.88	7,622.19	245.88	1.00
	31	850	850.00	0.85	26.35	1,152.00	263.50	85.00	303.55	219.32	6,798.81	219.32	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE OCTUBRE													7.42
NOVIEMBRE	30	1000	5,526.00	5.53	165.78	1,152.00	310.00	80.00	357.12	1,578.76	47,362.68	285.70	5.53
	30	950	950.00	0.95	28.50	1,152.00	294.50	80.00	339.26	257.84	7,735.22	257.84	1.00
	30	900	900.00	0.90	27.00	1,152.00	279.00	85.00	321.41	245.88	7,376.31	245.88	1.00
	30	850	850.00	0.85	25.50	1,152.00	263.50	85.00	303.55	219.32	6,579.49	219.32	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE NOVIEMBRE													7.53
DICIEMBRE	31	1000	5,632.00	5.63	174.59	1,152.00	310.00	80.00	357.12	1,609.04	49,880.24	285.70	5.63
	31	950	950.00	0.95	29.45	1,152.00	294.50	80.00	339.26	257.84	7,993.06	257.84	1.00
	31	900	900.00	0.90	27.90	1,152.00	279.00	85.00	321.41	245.88	7,622.19	245.88	1.00
	31	850	850.00	0.85	26.35	1,152.00	263.50	85.00	303.55	219.32	6,798.81	219.32	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE DICIEMBRE													7.63
AÑO	365	950	7,132.67	7.13	2,576.64	1,152.00	294.50	80.00	339.26	1,992.72	727,071.36	263.14	7.21

Producción de energía anual a 5° de inclinación – Meteorología superficial de la NASA y energía solar

Tabla 29

TABLA DE PRODUCCION DE ENERGIA ANUAL A 5° DE INCLINACION - NASA SURFACE METEOROLOGY AND SOLAR ENERGY SSE (USA) - 10 AÑOS													
MESES	DÍAS	Irradiacion	Gdm (5)	Gdm (5)	Gdm(5)	Modulos	P(modulo)	PR	Pmp 10 años	EP		P(p)	Horas
		W/m2	Wh/m2 dia	kWh/m2 dia	kWh/m2 mes	n°	W	%	kWp	kWh/dia	kWh/mes	Kw	h dia
ENERO	31	1000	6,760.00	6.76	209.56	1,152.00	288.30	80.00	332.12	1,796.11	55,679.52	265.70	6.76
	31	950	950.00	0.95	29.45	1,152.00	273.89	80.00	315.52	239.79	7,433.55	239.79	1.00
	31	900	900.00	0.90	27.90	1,152.00	259.47	85.00	298.91	228.67	7,088.64	228.67	1.00
	31	850	850.00	0.85	26.35	1,152.00	245.06	85.00	282.30	203.96	6,322.89	203.96	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE ENERO													7.76
FEBREO	28	1000	6,950.00	6.95	194.60	1,152.00	288.30	80.00	332.12	1,846.60	51,704.69	265.70	6.95
	28	950	950.00	0.95	26.60	1,152.00	273.89	80.00	315.52	239.79	6,714.17	239.79	1.00
	28	900	900.00	0.90	25.20	1,152.00	259.47	85.00	298.91	228.67	6,402.64	228.67	1.00
	28	850	850.00	0.85	23.80	1,152.00	245.06	85.00	282.30	203.96	5,711.00	203.96	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE FEBREO													7.95
MARZO	31	1000	6,670.00	6.67	206.77	1,152.00	288.30	80.00	332.12	1,772.20	54,938.23	265.70	6.67
	31	950	950.00	0.95	29.45	1,152.00	273.89	80.00	315.52	239.79	7,433.55	239.79	1.00
	31	900	900.00	0.90	27.90	1,152.00	259.47	85.00	298.91	228.67	7,088.64	228.67	1.00
	31	850	850.00	0.85	26.35	1,152.00	245.06	85.00	282.30	203.96	6,322.89	203.96	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE MARZO													7.67
ABRIL	30	1000	6,090.00	6.09	182.70	1,152.00	288.30	80.00	332.12	1,618.10	48,542.89	265.70	6.09
	30	950	950.00	0.95	28.50	1,152.00	273.89	80.00	315.52	239.79	7,193.75	239.79	1.00
	30	900	900.00	0.90	27.00	1,152.00	259.47	85.00	298.91	228.67	6,859.97	228.67	1.00
	30	850	850.00	0.85	25.50	1,152.00	245.06	85.00	282.30	203.96	6,118.93	203.96	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE ABRIL													7.09
MAYO	31	1000	5,620.00	5.62	174.22	1,152.00	288.30	80.00	332.12	1,493.22	46,289.78	265.70	5.62
	31	950	950.00	0.95	29.45	1,152.00	273.89	80.00	315.52	239.79	7,433.55	239.79	1.00
	31	900	900.00	0.90	27.90	1,152.00	259.47	85.00	298.91	228.67	7,088.64	228.67	1.00
	31	850	850.00	0.85	26.35	1,152.00	245.06	85.00	282.30	203.96	6,322.89	203.96	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE MAYO													6.62
JUNO	30	1000	5,430.00	5.43	162.90	1,152.00	288.30	80.00	332.12	1,442.74	43,282.09	265.70	5.43
	30	950	950.00	0.95	28.50	1,152.00	273.89	80.00	315.52	239.79	7,193.75	239.79	1.00
	30	900	900.00	0.90	27.00	1,152.00	259.47	85.00	298.91	228.67	6,859.97	228.67	1.00
	30	850	850.00	0.85	25.50	1,152.00	245.06	85.00	282.30	203.96	6,118.93	203.96	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE JUNIO													6.43
JULIO	31	1000	5,670.00	5.67	175.77	1,152.00	288.30	80.00	332.12	1,506.50	46,701.61	265.70	5.67
	31	950	950.00	0.95	29.45	1,152.00	273.89	80.00	315.52	239.79	7,433.55	239.79	1.00
	31	900	900.00	0.90	27.90	1,152.00	259.47	85.00	298.91	228.67	7,088.64	228.67	1.00
	31	850	850.00	0.85	26.35	1,152.00	245.06	85.00	282.30	203.96	6,322.89	203.96	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE JULIO													6.67
AGOSTO	31	1000	6,140.00	6.14	190.34	1,152.00	288.30	80.00	332.12	1,631.38	50,572.82	265.70	6.14
	31	950	950.00	0.95	29.45	1,152.00	273.89	80.00	315.52	239.79	7,433.55	239.79	1.00
	31	900	900.00	0.90	27.90	1,152.00	259.47	85.00	298.91	228.67	7,088.64	228.67	1.00
	31	850	850.00	0.85	26.35	1,152.00	245.06	85.00	282.30	203.96	6,322.89	203.96	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE AGOSTO													7.14
SEPTIEMBRE	30	1000	6,360.00	6.36	190.80	1,152.00	288.30	80.00	332.12	1,689.83	50,695.04	265.70	6.36
	30	950	950.00	0.95	28.50	1,152.00	273.89	80.00	315.52	239.79	7,193.75	239.79	1.00
	30	900	900.00	0.90	27.00	1,152.00	259.47	85.00	298.91	228.67	6,859.97	228.67	1.00
	30	850	850.00	0.85	25.50	1,152.00	245.06	85.00	282.30	203.96	6,118.93	203.96	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE SEPTIEMBRE													7.36
OCTUBRE	31	1000	6,780.00	6.78	210.18	1,152.00	288.30	80.00	332.12	1,801.43	55,844.25	265.70	6.78
	31	950	950.00	0.95	29.45	1,152.00	273.89	80.00	315.52	239.79	7,433.55	239.79	1.00
	31	900	900.00	0.90	27.90	1,152.00	259.47	85.00	298.91	228.67	7,088.64	228.67	1.00
	31	850	850.00	0.85	26.35	1,152.00	245.06	85.00	282.30	203.96	6,322.89	203.96	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE OCTUBRE													7.78
NOVIEMBRE	30	1000	6,710.00	6.71	201.30	1,152.00	288.30	80.00	332.12	1,782.83	53,484.86	265.70	6.71
	30	950	950.00	0.95	28.50	1,152.00	273.89	80.00	315.52	239.79	7,193.75	239.79	1.00
	30	900	900.00	0.90	27.00	1,152.00	259.47	85.00	298.91	228.67	6,859.97	228.67	1.00
	30	850	850.00	0.85	25.50	1,152.00	245.06	85.00	282.30	203.96	6,118.93	203.96	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE NOVIEMBRE													7.71
DICIEMBRE	31	1000	6,680.00	6.68	207.08	1,152.00	288.30	80.00	332.12	1,774.86	55,020.59	265.70	6.68
	31	950	950.00	0.95	29.45	1,152.00	273.89	80.00	315.52	239.79	7,433.55	239.79	1.00
	31	900	900.00	0.90	27.90	1,152.00	259.47	85.00	298.91	228.67	7,088.64	228.67	1.00
	31	850	850.00	0.85	26.35	1,152.00	245.06	85.00	282.30	203.96	6,322.89	203.96	1.00
HORAS TOTALES DE TRABAJO DURANTE EL MES DE DICIEMBRE													7.68
AÑO	365	975	7,271.67	7.27	2,652.97	1,152.00	281.09	80.00	323.82	1,919.44	700,280.39	252.74	7.32

4.1.3.3. Cálculo y selección de los módulos fotovoltaicos

Para el cálculo y selección de los módulos fotovoltaicos un factor muy importante es la energía o radiación solar que nos produce el sol la cual para este caso se considera el mes con menos radiación solar 4.79 kWh/ m² /día para más seguridad y fiabilidad en generación de energía eléctrica u otro punto importante es el consumo de energía diaria de la localidad.

Tabla 30

MES	RADIACION SOLAR DIARIA HORIZONTAL (Kwh/m2/d)
Enero	4.97
Febrero	4.97
Marzo	4.79
Abril	4.91
Mayo	5.13
Junio	5.14
Julio	5.24
Agosto	5.52
Septiembre	5.60
Octubre	5.59
Noviembre	5.82
Diciembre	5.37

4.1.3.3.1. Cálculo de la potencia del Generador Fotovoltaico

No toda la radiación que incide sobre el panel se convierte en energía eléctrica, el SFV experimenta pérdidas debido a sus componentes y en consecuencia la radiación solar a ser captada debe ser mayor a la que se va a consumir.

A continuación las pérdidas que experimenta un SFV:

- Pérdida en el regulador o controlador de carga.
- Pérdida en el inversor

Los fabricantes recomiendan que el regulador de carga tenga una eficiencia de 0.9 y el inversor una eficiencia de 0.85.

El consumo diario total E_d de la localidad es:

$$E_d = E / 0.9 \times 0.85$$

E: Total de energía diaria en la localidad de San Pedro

$$E_d = 278.40 / 0.9 \times 0.85 = 363.92 \text{ Kw-h/día}$$

La potencia del generador solar P se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$P = E_d / HSP (1 - \eta_c)$$

En donde HSP es la hora solar pico de la zona y que para nuestro caso es 4.79 y η_c , factor por conexión y dispersión de parámetros, considerado a 0.1, luego:

$$P = 363.92 \times 1000 / 4.79 (1 - 0.1) = 84,416.61 \text{ W}$$

El número de paneles solares N a instalar en cada SFV es:

$$N = P / P_{\text{pico}}$$

Donde P_{pico} es la potencia pico del panel solar. En este tipo de proyectos la elección de la potencia nominal o pico del panel queda siempre a criterio del proyectista. Si se selecciona un panel de P_{pico} de 310 Wp, entonces:

$$N = 84,416.61 / 310 = 272$$

$$N = 272 \text{ Módulos fotovoltaicos}$$

En consecuencia se selecciona 272 paneles solares de 310Wp c/u a ser instalados en la localidad SAN PEDRO.

$$\text{Luego en cada vivienda se instalarán} = 272 / 96 = 2.83 = 3$$

La instalación de los módulos en cada lote de vivienda estará compuesta por 3 módulos, en paralelo a una tensión de 24V cada módulo fotovoltaico.

4.1.3.3.2. Selección del regulador de carga.

El siguiente paso es la determinación o selección del controlador o regulador de carga, el mismo que está caracterizado por la corriente y nivel de tensión de trabajo.

Para la determinación de la corriente del regulador de carga I_{rc} debe ser el mayor valor de los valores siguientes:

- Debe tener entre el 15-25% adicional de la corriente de cortocircuito (I_{cc}) del panel solar seleccionado.
- La corriente de carga (I_c) que consume el sistema.

Para nuestro caso, la corriente I_{cc} del panel seleccionado es de 8.92 A, como son 3 paneles en paralelo, entonces el I_{rc} debe ser mayor a:

$$I_{rc} = (1.15 - 1.25) (3 \times 8.92) = (30.77 - 33.45) \text{ A}$$

La potencia de carga total por lote es de 0.67 KW a 220V que es el voltaje de operación.

4.1.3.3.3. Determinación de Banco de Baterías

La energía generada por los módulos fotovoltaico de cada circuito es almacenada en baterías, las cuales se utilizarán como reserva del sistema de alimentación, suministrándola durante la noche o durante los momentos en que la energía producida por los módulos no es suficiente para alimentar el consumo diario de energía. Asimismo, es necesario definir el número máximo de días de autonomía del banco de baterías, es decir el número de días consecutivos (totalmente cubiertos o nublados) durante las cuales los paneles fotovoltaicos no generan prácticamente energía. Para electrificación de viviendas de uso permanente usualmente se considera el rango entre 2-5 días. Para nuestro caso consideramos $N = 2$ días de autonomía.

Existen pérdidas de energía en los elementos constitutivos del SFD, por lo que toda la energía solar captada es almacenada en la batería a seleccionar.

Primero se determina las pérdidas P_e de energía captada:

- **Pérdidas de energía**

$$P_e = 1 - [(1 - K_b - K_c - K_v) K_a N / PD] - K_b - K_c - K_v$$

Dónde:

K_b = es la perdida por rendimiento en la batería = 0.05

K_c = es la pérdida en el inversor = 0.1 para una onda cuadrada y 0.2 para una onda sinodal.

K_v = pérdidas diversas = 0.15

K_a = pérdidas por auto descarga = 0.005

PD = profundidad de descarga de la batería, se recomienda entre el 40 % ó 50%.

Reemplazando tenemos:

$$Pe = 1 - [(1 - 0.05 - 0.2 - 0.15) 0.005 \times 2/0.4] - 0.05 - 0.2 - 0.15 = 0.585$$

La energía E que debe acumular la batería es: Energía de la batería

$$E = Ed/R$$

Donde Ed es el consumo de energía total 278.40 KW-h/día

$$E = 278.40 \times 1000/0.585 = 475,897.44 \text{ W-h}$$

La capacidad útil Cu de la batería es:

$$Cu = E \times N = 475,897.44 \times 2 = 951,794.88 \text{ W-h}$$

Como la batería va a trabajar a 24V, entonces:

$$Cu = 951,794.88/24 = 39,658.12 \text{ Ah}$$

En consecuencia, la capacidad nominal CN de la batería es:

$$CN = Cu/ PD = 39,658.12/0.4 = 99,145.30 \text{ Ah}$$

Calculo del número de baterías:

$$Nb = CN/Cb$$

$$Nb = 99,145.30/440$$

$$Nb = 226$$

De acuerdo a los datos proporcionado por los fabricantes, se seleccionara: 226 baterías de 440 Ah, a una tensión de 24V. A razón de 3 baterías por lote, conectadas en paralelo.

4.1.3.3.4. Determinación del Inversor

La potencia del inversor debe ser mayor a 1.35 veces de la potencia instalada pico de los paneles solares que demanda cada vivienda de la localidad SAN PEDRO.

La potencia instalada FV para nuestro caso es de 0.67 KW-PICO, luego la potencia del inversor será de:

$$P_{inv} > 1.35 \times 0.67 = 0.905 = 1 \text{ KW-PICO}$$

En consecuencia se selecciona un inversor/lote de $P_{inv} = 1 \text{ KW-PICO}$.

4.1.3.4. Cálculo de inclinación y separación entre módulos fotovoltaicos

Para nuestro caso la inclinación de la estructura de soporte de los paneles va a tener un ángulo de 15° considerando que la latitud de la localidad es de 5° y considerando la siguiente tabla de utilización.

4.1.3.5. Cálculo y selección de conductores eléctricos en el área de la generación de energía eléctrica.

En este punto se calculó y se determinó que tipo de conductor se va a utilizar en el sistema de generación de energía eléctrica , para la selección adecuada del calibre de los conductores eléctricos, primero se deberá de tener en cuenta la clase de corriente eléctrica que fluirá entre los componentes de la central solar:

Corriente continua: entre el MFV y el regulador o controlador de carga, entre el regulador de carga y la batería y entre la batería y el inversor.

4.1.3.5.1. Cálculo del MFV al REGULADOR DE CARGA.

Para este caso por cada circuito se alimenta una carga de 0.67 KW. Lo que a una tensión DC de 24 V.; genera una corriente de 28 Amperes. Seleccionamos de la siguiente Tabla el cable NYY, 2x4 mm², con una capacidad de corriente de 44 A, instalación en Ductos empotrados.

Cálculo de caída de tensión, $AV \leq 5\%$, permitido por la norma.

Especificaciones de cables NYY Unipolar

Tabla 31

ESPECIFICACIONES CABLES NYY UNIPOLAR

CALIBRE	NUMERO	ESPESORES		DIAMETRO	PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
CABLE	HILOS	AISLAMIENTO	CUBIERTA	EXTERIOR		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm²		mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
1 x 1,5	1	0,8	1,4	5,8	50	29	22	23
1 x 2,5	1	0,8	1,4	6,1	62	42	32	34
1 x 4	1	1	1,4	7	86	55	43	44
1 x 6	1	1	1,4	7,5	109	72	54	58
1 x 10	1	1	1,4	8,3	154	95	74	77
1 x 16	7	1	1,4	9,8	230	127	100	102
1 x 25	7	1,2	1,4	11,5	341	163	131	132
1 x 35	7	1,2	1,4	12,6	445	195	161	157
1 x 50	19	1,4	1,4	14,3	583	230	196	186
1 x 70	19	1,4	1,6	16,5	815	282	250	222
1 x 95	19	1,6	1,6	18,7	1101	336	306	265
1 x 120	37	1,6	1,8	20,7	1368	382	356	301
1 x 150	37	1,8	1,8	22,6	1662	428	408	338
1 x 185	37	2	1,8	24,8	2057	483	470	367
1 x 240	61	2,2	2	28,2	2678	561	565	426
1 x 300	61	2,4	2	31	3316	636	646	480
1 x 400	61	2,6	2,2	34,7	4213	730	790	555
1 x 500	61	2,8	2,2	38,2	5243	823	895	567

Fuente: (INDECO, 2014)

4.1.3.5.2. Cálculo y selección de conductor del regulador al banco de baterías.

En este punto se calculó y selecciono el tipo de conductor NYY, 2x4 mm², siendo la cantidad de corriente y la caída de tensión correspondiente dentro los márgenes permitidos por la norma, adecuado en esta parte del sistema.

Especificaciones de cables NYY Unipolar

Tabla 32

CALIBRE	NUMERO	ESPESORES		DIAMETRO	PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
CABLE	HILOS	AISLAMIENTO	CUBIERTA	EXTERIOR		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
N° x mm ²		mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
1 x 1,5	1	0,8	1,4	5,8	50	29	22	23
1 x 2,5	1	0,8	1,4	6,1	62	42	32	34
1 x 4	1	1	1,4	7	86	55	43	44
1 x 6	1	1	1,4	7,5	109	72	54	58
1 x 10	1	1	1,4	8,3	154	95	74	77
1 x 16	7	1	1,4	9,8	230	127	100	102
1 x 25	7	1,2	1,4	11,5	341	163	131	132
1 x 35	7	1,2	1,4	12,6	445	195	161	157
1 x 50	19	1,4	1,4	14,3	583	230	196	186
1 x 70	19	1,4	1,6	16,5	815	282	250	222
1 x 95	19	1,6	1,6	18,7	1101	336	306	265
1 x 120	37	1,6	1,8	20,7	1368	382	356	301
1 x 150	37	1,8	1,8	22,6	1662	428	408	338
1 x 185	37	2	1,8	24,8	2057	483	470	367
1 x 240	61	2,2	2	28,2	2678	561	565	426
1 x 300	61	2,4	2	31	3316	636	646	480
1 x 400	61	2,6	2,2	34,7	4213	730	790	555
1 x 500	61	2,8	2,2	38,2	5243	823	895	567

Fuente: (INDECO, 2014)

4.1.3.5.3. Cálculo y selección de conductor del banco de baterías al inversor de corriente.

En este punto se calculó y selecciono el tipo de conductor NYY, 2x4 mm², adecuado en esta parte del sistema por capacidad de corriente y caída de tensión dentro de los rangos permitidos por la norma.

Especificaciones de cables NYY Unipolar

Tabla 33

ESPECIFICACIONES CABLES NYY UNIPOLAR

CALIBRE	NUMERO	ESPESORES		DIAMETRO	PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
CABLE	HILOS	AISLAMIENTO	CUBIERTA	EXTERIOR		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
N° x mm ²		mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
1 x 1,5	1	0,8	1,4	5,8	50	29	22	23
1 x 2,5	1	0,8	1,4	6,1	62	42	32	34
1 x 4	1	1	1,4	7	86	55	43	44
1 x 6	1	1	1,4	7,5	109	72	54	58
1 x 10	1	1	1,4	8,3	154	95	74	77
1 x 16	7	1	1,4	9,8	230	127	100	102
1 x 25	7	1,2	1,4	11,5	341	163	131	132
1 x 35	7	1,2	1,4	12,6	445	195	161	157
1 x 50	19	1,4	1,4	14,3	583	230	196	186
1 x 70	19	1,4	1,6	16,5	815	282	250	222
1 x 95	19	1,6	1,6	18,7	1101	336	306	265
1 x 120	37	1,6	1,8	20,7	1368	382	356	301
1 x 150	37	1,8	1,8	22,6	1662	428	408	338
1 x 185	37	2	1,8	24,8	2057	483	470	367
1 x 240	61	2,2	2	28,2	2678	561	565	426
1 x 300	61	2,4	2	31	3316	636	646	480
1 x 400	61	2,6	2,2	34,7	4213	730	790	555
1 x 500	61	2,8	2,2	38,2	5243	823	895	567

Fuente: (INDECO, 2014)

4.1.3.6. Selección de medidor de energía

El medidor se seleccionó de acuerdo a la corriente máxima que presenta la carga. **MEDIDOR MONOF.ELECTRON.DDS26B 2H, 5-60A 220V.60HZ.**

CAPITULO V

5.1. ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD Y FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

Tabla 34

EQUIPOS	VIDA UTIL (años)	CANTIDAD	C. UNIT.	C. TOTAL	DEPRECIACIÓN
Panel Solar	20	116	S/. 1,400.00	S/. 162,400.00	S/. 8,120.00
Controlador	20	29	S/. 1,200.00	S/. 34,800.00	S/. 1,740.00
Inversor	20	29	S/. 1,200.00	S/. 34,800.00	S/. 1,740.00
Cables	20	29	S/. 250.00	S/. 7,250.00	S/. 362.50
Baterías	20	116	S/. 1,000.00	S/. 116,000.00	S/. 5,800.00
Instalacion Interior	20	29	S/. 650.00	S/. 18,850.00	S/. 942.50
					S/. 18,705.00

Tabla 35

Tasa de Interes Anual	12.0%
Meses Pago	96.00
Importe Préstamo	-467625

CUOTA MENSUAL	S/. 7,600.23
CUOTA ANUAL	S/. 91,202.82

FONDOS GENERADOS	S/. 159,944.43
-------------------------	-------------------

Tabla 36

		Año 00	Año 01	Año 02	Año 03
	Inversión en el Período T	S/. 467,625.00			
INGRESOS	Fondos Generados		S/. 159,944.43	S/. 159,944.43	S/. 159,944.43
EGRESOS	Anualidad Préstamo		S/.91,202.82	S/.91,202.82	S/.91,202.82
	Depreciacion de Equipos		S/.18,705.00	S/.18,705.00	S/.18,705.00
	_Panel Solar		S/.8,120.00	S/.8,120.00	S/.8,120.00
	_InversorControlador		S/.3,480.00	S/.3,480.00	S/.3,480.00
	Cables		S/.362.50	S/.362.50	S/.362.50
	Baterías		S/. 5,800.00	S/. 5,800.00	S/. 5,800.00
	Instalacion Interior		S/. 942.50	S/. 942.50	S/. 942.50
	Flujo de Efectivo Neto		S/. 50,036.61	S/. 50,036.61	S/. 50,036.61

Tabla 37

Año 04	Año 05	Año 06	Año 07	Año 08
S/. 159,944.43	S/. 159,944.43	S/. 159,944.43	S/. 159,944.43	S/. 159,944.43
S/.91,202.82	S/.91,202.82	S/.91,202.82	S/.91,202.82	S/.91,202.82
S/.18,705.00	S/.18,705.00	S/.18,705.00	S/.18,705.00	S/.18,705.00
S/.8,120.00	S/.8,120.00	S/.8,120.00	S/.8,120.00	S/.8,120.00
S/.3,480.00	S/.3,480.00	S/.3,480.00	S/.3,480.00	S/.3,480.00
S/.362.50	S/.362.50	S/.362.50	S/.362.50	S/.362.50
S/. 5,800.00	S/. 5,800.00	S/. 5,800.00	S/. 5,800.00	S/. 5,800.00
S/. 942.50	S/. 942.50	S/. 942.50	S/. 942.50	S/. 942.50
S/. 50,036.61	S/. 50,036.61	S/. 50,036.61	S/. 50,036.61	S/. 50,036.61

Tabla 38

Año 09	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14
S/. 159,944.43	S/. 159,944.43	S/. 159,944.43	S/. 159,944.43	S/. 159,944.43	S/. 159,944.43
S/.18,705.00	S/.16,965.00	S/.16,965.00	S/.16,965.00	S/.16,965.00	S/.16,965.00
S/.8,120.00	S/.8,120.00	S/.8,120.00	S/.8,120.00	S/.8,120.00	S/.8,120.00
S/.3,480.00	S/.1,740.00	S/.1,740.00	S/.1,740.00	S/.1,740.00	S/.1,740.00
S/.362.50	S/.362.50	S/.362.50	S/.362.50	S/.362.50	S/.362.50
S/.5,800.00	S/.5,800.00	S/.5,800.00	S/.5,800.00	S/.5,800.00	S/.5,800.00
S/. 942.50	S/. 942.50	S/. 942.50	S/. 942.50	S/. 942.50	S/. 942.50
S/. 141,239.43	S/. 142,979.43	S/. 142,979.43	S/. 142,979.43	S/. 142,979.43	S/. 142,979.43

Tabla 39

Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
S/. 159,944.43	S/. 159,944.43	S/. 159,944.43	S/. 159,944.43	S/. 159,944.43	S/. 159,944.43
S/.16,965.00	S/.16,965.00	S/.16,965.00	S/.16,965.00	S/.16,965.00	S/.16,965.00
S/.8,120.00	S/.8,120.00	S/.8,120.00	S/.8,120.00	S/.8,120.00	S/.8,120.00
S/.1,740.00	S/.1,740.00	S/.1,740.00	S/.1,740.00	S/.1,740.00	S/.1,740.00
S/.362.50	S/.362.50	S/.362.50	S/.362.50	S/.362.50	S/.362.50
S/.5,800.00	S/.5,800.00	S/.5,800.00	S/.5,800.00	S/.5,800.00	S/.5,800.00
S/. 942.50	S/. 942.50	S/. 942.50	S/. 942.50	S/. 942.50	S/. 942.50
S/. 142,979.43	S/. 142,979.43	S/. 142,979.43	S/. 142,979.43	S/. 142,979.43	S/. 142,979.43

Tabla 40

	S/. - 467,625.00
AÑO 01	S/. 50,036.61
AÑO 02	S/. 50,036.61
AÑO 03	S/. 50,036.61
AÑO 04	S/. 50,036.61
AÑO 05	S/. 50,036.61
AÑO 06	S/. 50,036.61
AÑO 07	S/. 50,036.61
AÑO 08	S/. 50,036.61
AÑO 09	S/. 141,239.43
AÑO 10	S/. 142,979.43
AÑO 11	S/. 142,979.43
AÑO 12	S/. 142,979.43
AÑO 13	S/. 142,979.43
AÑO 14	S/. 142,979.43
AÑO 15	S/. 142,979.43
AÑO 16	S/. 142,979.43
AÑO 17	S/. 142,979.43
AÑO 18	S/. 142,979.43
AÑO 19	S/. 142,979.43
AÑO 20	S/. 142,979.43
n Años	20
T. de Descuento	12.0%

Tabla 41

TASA INTERNA DE RETORNO(TIR)	
Tasa de Descuento	VAN
0%	S/. 1,646,680.94
4%	S/. 848,529.25
8%	S/. 401,188.81
12%	S/. 138,017.85
16%	S/. -24,085.86
20%	S/. -128,348.96
24%	S/. -198,171.93
28%	S/. -246,709.42
32%	S/. -281,624.12
36%	S/. -307,531.53

Indicadores Economicos	Sistema Fotovoltaico
T. de Descuento	12.0%
VAN	S/. 138,017.85
TIR	15%

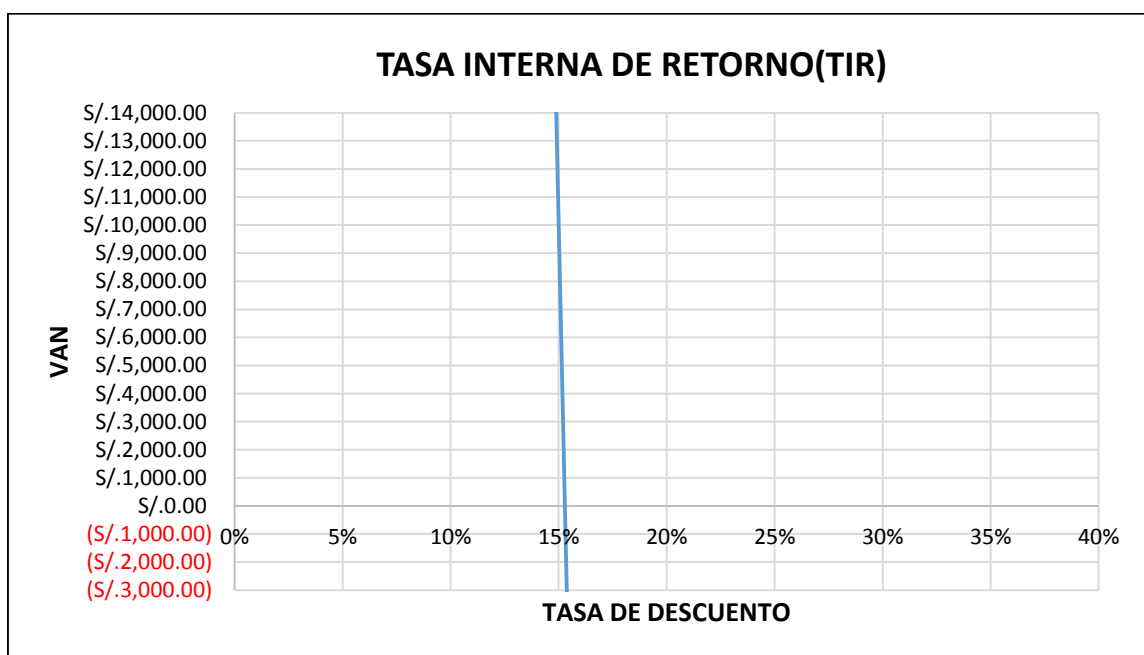


GRÁFICO 3

CAPITULO VI

5.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.2.1. CONCLUSIONES

- En este estudio realizado para localidades de Lejía y Málaga, distrito de Soloco, Provincia de Chachapoyas y Departamento de Amazonas, la propuesta dada en el desarrollo de este proyecto llegamos a la conclusión que es factible la utilización de energía solar – fotovoltaica, en los cálculos realizados y las pruebas de radiación, la energía generada si abastece la demanda que tienen estos 174 habitantes.
- Se utilizara 3 módulos en paralelo a una y 3 baterías de 440 Ah en cada lote de vivienda, a una tensión de 24V.
- Al utilizar este sistema fotovoltaico, estamos reduciendo la contaminación ambiental, y aprovechando la radiación, para poder generar energía, así cuidamos el ambiente, y damos una mejor calidad de vida a las personas que viven en las localidades de Lejía y Málaga.

5.2.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda darle mantenimiento preventivo permanente de la infraestructura de la planta de paneles solares.
- Que el gobierno debe impulsar el uso de energía limpia, así estuviéramos disminuyendo la contaminación del medio ambiente.
- Con el uso de esta energía estamos reduciendo la emisión de gases por efecto invernadero.
- Apoyar a fomentar el uso de los recursos energéticos renovables.
- Recomendar que la Facultad de Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo debe instalar un laboratorio experimental de recursos energéticos renovables.

5.3. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ministerio de Energía y Minas situación actual de la Energías Renovables en el Perú (Plataforma GVEP Perú). Oficina de planeamiento, Inversiones y Cooperación Internacional. Ing. Guillermo A. Tardillo H, Tarapoto, junio 2008.
- El estado actual del uso de la energía solar en el Perú Manfred Horn, Universidad Nacional de Ingeniería – Lima – Perú.
- Diseño de una central fotovoltaica de 100 kw de potencia nominal, autor: Roberto Sanz Moya, Universidad Carlos III de Madrid Escuela Politécnica Superior Departamento de Ingeniería Eléctrica.
- Perfil de Tesis. Diseño de sistemas fotovoltaicos para 23 CC.NN y 17 Caseríos de la cuenca del río Ucayali, Distrito de Raymondi, Provincia de Atalaya – Ucayali, (FIME - UNPRG).
- Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a Red en el Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura Héctor Armando Cornejo Lalupú.
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Ingeniero Industrial Diseño de Planta Solar Fotovoltaica de 20MW en California y conexión a la red de distribución, Autor: Macarena Jiménez Sánchez.
- Radiación Solar en el Perú”, Tesis realizada por Cesar Augusto Kadono Nakamura para optar el título de Ingeniero Mecánico Electricista en el PAIME-UNI, 1972.
- “Estimación de la Energía Solar en el Perú” por el Ing. J. W. Vásquez publicado en la Revista Energética (OLADE) en 1987.
- “Atlas de Energía Solar del Perú” publicación del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en convenio con la Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas (DEP-MEM) en 2003.
- Datos de radiación solar FACFYM- UNPRG.
- N.T.E. EM.080 Instalaciones Con Energía Solar.
- CNE - Sección 350.
- CNE - anexo B.
- Diseño de Sistema Fotovoltaico para Bombeo de Agua Subterránea en la Vivienda Ubicada en el Caserio de Olleria – Distrito de Morrope. UNPRG – FIME.
- Universidad Politécnica de Catalunya Escola Politécnica Superior d'Enginyeria de Manresa.
- Tacna Solar.
- “Aplicación de la Energía Solar para Electrificación Rural en Zonas Marginales del País” Tesis Para Obtener El Título Profesional de: Ingeniero Mecánico Electricista Delfor Flavio Muñoz Anticona.